

「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」  
(事後評価)第1回分科会  
資料5-1

# 「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」

## 事業原簿【公開】

|     |                                |
|-----|--------------------------------|
| 担当部 | 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構<br>環境部 |
|-----|--------------------------------|

## —目次—

|                                  |       |           |
|----------------------------------|-------|-----------|
| 概要                               | ..... | A-1       |
| プロジェクト用語集                        | ..... | B-1       |
| I. 事業の位置付け・必要性について               |       |           |
| 1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性           | ..... | I-1       |
| 1.1 NEDOが関与することの意義               | ..... | I-1       |
| 1.2 実施の効果(費用対効果)                 | ..... | I-4       |
| 2. 事業の背景・目的・位置づけ                 | ..... | I-6       |
| II. 研究開発マネジメントについて               |       |           |
| 1. 事業の目標                         | ..... | II-1      |
| 2. 事業の計画内容                       | ..... | II-4      |
| 2.1 研究開発の内容                      | ..... | II-4      |
| 2.2 研究開発の実施体制                    | ..... | II-15     |
| 2.3 研究開発の運営管理                    | ..... | II-15     |
| 2.4 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性 | ..... | II-16     |
| 3. 情勢変化への対応                      | ..... | II-18     |
| 4. 中間評価結果への対応                    | ..... | II-19     |
| 5. 評価に関する事項                      | ..... | II-23     |
| III. 研究開発成果について                  |       |           |
| 1. 事業全体の成果                       | ..... | III.1-1   |
| 2. 研究開発項目毎の成果                    |       |           |
| ① 光触媒共通サイエンスの構築                  | ..... | III.2.①-1 |
| ② 光触媒基盤技術の研究開発                   | ..... | III.2.②-1 |
| ③ 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発          | ..... | III.2.③-1 |
| ④ 酸化チタンの新機能創出                    | ..... | III.2.④-1 |
| ⑤ 光触媒新産業分野開拓                     | ..... | III.2.⑤-1 |
| IV. 実用化、事業化の見通しについて.....IV-1     |       |           |
| (添付資料)                           |       |           |
| 1. イノベーションプログラム基本計画              | ..... | 添付資料1-1   |
| 2. プロジェクト基本計画                    | ..... | 添付資料2-1   |
| 3. 技術戦略マップ(分野別技術ロードマップ)          | ..... | 添付資料3-1   |
| 4. 事前評価関連資料(事前評価書)               | ..... | 添付資料4-1   |
| 5. 特許論文リスト                       | ..... | 添付資料5-1   |

概要

最終更新日

24年10月18日

|                    |  |          |       |       |        |       |       |    |
|--------------------|--|----------|-------|-------|--------|-------|-------|----|
| プログラム（又は<br>施策）名   | ナノテク・部材イノベーションプログラム  |          |       |       |        |       |       |    |
| プロジェクト名            | 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト   | プロジェクト番号 |       |       | P07020 |       |       |    |
| 担当推進部/担当者          | 環境部 石毛悦子（平成24年5月1日～平成24年8月31日）<br>環境部 小峰一義（平成21年7月1日～平成24年6月30日）<br>環境技術開発部 間瀬智志（平成20年7月1日～平成22年3月31日）<br>環境技術開発部 山下 秀（平成19年5月1日～平成20年9月30日）   |          |       |       |        |       |       |    |
| 0. 事業の概要           | 我が国発祥の光触媒技術による新産業分野開拓を目指し、サイエンスに遡ることにより、紫外光のみならず、可視光レベルで高い機能を発揮する光触媒の開発に取り組む。光触媒の可視光応答化のサイエンスに遡った研究成果を、従来十分に効果の得られなかった室内においても空気浄化、防汚、抗菌・抗ウイルス等の機能を発揮でき、安心・安全な環境作りに貢献する新たな建築内装部材等へ適用することによる大規模な市場拡大を目指し実用化開発を行う。また、土壌処理、PFC処理／フッ素回収などの環境関連分野等、新しい産業用途に光触媒を適用する技術を開発する。  |          |       |       |        |       |       |    |
| I. 事業の位置付け・必要性について | 光触媒の有害化学物質分解能や抗菌・抗ウイルス性等を建築内装部材等に応用、展開することは、安心・安全や環境負荷低減の観点から緊急性、公共性等が高く、かつ、環境関連技術の国際競争力の強化の観点からも我が国の優位性を高めるものであることに加え、可視光応答型の光触媒の開発に必要な科学的な新原理の解明という極めて難易度の高い研究とその研究成果の製品への速やかな適用を行うことは、企業単独では極めて困難かつリスクが高く、NEDOの研究開発マネジメント力を活かしつつ産学連携で行うことが必要であり、本事業はNEDO事業として極めて妥当であった。<br>また、光触媒の効果の客観的評価手法は、いわゆるまがい物を排除し、正当な製品の普及を図るための市場環境整備に必要不可欠な基盤であって、必要な試験方法の標準化等を研究開発と併行して効果的に進めるためにも、NEDO 事業として取り組むことが必須であった。   |          |       |       |        |       |       |    |
| II. 研究開発マネジメントについて |  |          |       |       |        |       |       |    |
| 事業の目標              | [最終目標]<br>① 光触媒共通サイエンスの構築<br>中心となる大学に集中研究室を設置し、産学官共同で高度研究開発を行なうことにより、平成23年度に、ラポレベルにおける活性度評価において現状と比較して紫外光活性2倍、可視光活性10倍の高感度化を達成する。<br>② 光触媒基盤技術の研究開発<br>光触媒製品の低コスト・省エネルギー製造プロセスに適した、光触媒粒子、コーティング液、成膜方法等の基盤技術を開発する。<br>③ 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発<br>室内環境でも高い効果を発揮する高感度可視光応答型光触媒材料を開発し、内装部材として製品化の目途を得る。<br>④ 酸化チタンの新機能創出<br>撥水性酸化チタン、親水-撥水変換技術、強磁性等の新しい物性の探索、エネルギー貯蔵材料との複合化技術等を開発することにより酸化チタンの新機能を創出する。<br>⑤ 光触媒新産業分野開拓<br>揮発性有機化合物（VOC：Volatile Organic Compound）等の除去システム、土壌浄化システム、実環境におけるウイルス・細菌の不活性化システム等を開発することにより、光触媒の新産業分野を開拓する。 |          |       |       |        |       |       |    |
| 事業の計画内容            | 主な実施事項   | H19fy    | H20fy | H21fy | H22fy  | H23fy | H24fy | 総額 |
|                    | 光触媒共通サイエンスの構築  |          |       |       |        |       |       |    |
|                    | 光触媒基盤技術の研究開発   |          |       |       |        |       |       |    |
|                    | 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発  |          |       |       |        |       |       |    |
|                    | 酸化チタンの新機能創出  |          |       |       |        |       |       |    |
|                    | 光触媒新産業分野開拓   |          |       |       |        |       |       |    |

| 開発予算<br>(会計・勘定別に事業費の実績額を記載)<br>(単位：千円)      | 会計・勘定   | H19fy  | H20fy   | H21fy   | H22fy   | H23fy   | H24fy  | 総額        |
|---|---|--|---------|---------|---------|---------|--------|-----------|
|   | 一般会計  | 974,178  | 862,302 | 876,768 | 985,056 | 923,117 | 0      | 4,693,195 |
|   | 加速予算<br>(成果普及費を含む)  |  | 35,000  | 36,772  |         | 9,792   | 39,207 | 120,771   |
|   | 総予算額  | 974,178  | 897,302 | 913,540 | 985,056 | 932,909 | 39,207 | 4,742,194 |
|   | (委託)<br>(助成)<br>: 助成率 2/3   | ○<br>○   | ○<br>○  | ○<br>○  | ○<br>○  | ○<br>○  | ○      |           |
| 契約種類:<br>○をつける<br>(委託(○) 助成(○) 共同研究(負担率( )) |   |  |         |         |         |         |        |           |
| 開発体制  | 経産省担当原課   | 製造産業局 化学課  |         |         |         |         |        |           |
|   | プロジェクトリーダー  | 橋本 和仁(東京大学 大学院工学系研究科応用化学専攻/先端科学技術研究センター 教授)  |         |         |         |         |        |           |
|   | 委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載)  | (委託先)<br>・ 国立大学法人東京大学<br>(共同実施先)<br>・ 財団法人神奈川科学技術アカデミー<br>・ 独立行政法人産業技術総合研究所<br>・ 学校法人中部大学<br>(助成先)<br>・ 昭和タイタニウム株式会社<br>・ 三井化学株式会社<br>・ パナソニック株式会社<br>・ TOTO株式会社<br>・ 日本板硝子株式会社<br>・ 株式会社積水樹脂技術研究所<br>・ 盛和工業株式会社<br>・ 三菱樹脂株式会社(平成19年度~平成21年度)<br>・ 株式会社ホクエイ(平成19年度~平成22年度) |         |         |         |         |        |           |
| 情勢変化への対応                                    | ・ 可視光応答型光触媒の高感度化因子として、界面電荷移動と多電子還元反応が有効であることを見出すという主要課題の解決に向けた大きな成果を受けて、更に当該研究開発を加速すべく、多電子還元反応触媒の担持方法の検討等を行うため、追加的に予算を投入し、各種機械装置を導入した。<br>・ 空気感染による感染症の流行のリスクを削減するには人の集まる空間における空気浄化が重要であり、そのための光触媒技術が期待されていたが、光触媒のウイルス除去への有効性に関しては、実験室レベルでウイルスの不活性化を確認していた程度で、実空間での確認はまだ不十分であると考えられたことから、平成21年度補正予算を投入し、空港における光触媒を用いたウイルス対策の有効性について検証した。<br>また、平成22年度補正予算を投入し、医療施設等の実環境における細菌・ウイルスの不活性化効果及びVOC低減効果の実証試験を行った。更に、年間を通じたデータを継続して収集するため、加速予算を投じて2012年8月まで実証試験の延長を行った。 |  |         |         |         |         |        |           |

|                   |   |                           |
|-------------------|---|---------------------------|
| <p>中間評価結果への対応</p> | <p>主な指摘について、以下のとおり対応した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ここまでは順調に進捗してきたが、最終目標の達成に向けては、酸化チタンの紫外光応答の2倍化、酸化チタンをベースにした可視光応答10倍化、それらの低コストでのコーティング技術など解決すべき多くの課題があり、これまで以上の取り組みの強化を期待したい。<br/>→最終目標の達成に向けて、効率的かつ着実にプロジェクトを推進するべく、酸化チタンをベースにした可視光応答型の開発方針を明文化する等、プロジェクトの方針を再確認すると共に、平成22年度実施方針へ反映。</li> <li>・数値的な目標提示が希薄な研究開発項目もあり、最終目標として客観的に評価しやすい目標を設定することが望ましい。<br/>→多くの研究課題では既に数値目標を設定していたが、内装部材の製品化等数値的な目標提示が希薄な研究課題についても、数値目標等、客観的に評価しやすい目標を設定するべく平成22年度以降実施計画書及び事業計画書へ反映。</li> <li>・実用化に当たっては、可能な限り競合する技術と性能・コストなどを比較した情報を積極的に明らかにする必要がある。また、現段階で内装材として要求される性能の重み付けについて整理しておくことが望ましい。<br/>→競合する技術と性能・コストなどは可能な限り比較していたが、実用化の際にプレスリリース等で情報を提供していくこととした。内装材の性能については、VOCガス分解性及び抗ウイルス性等を評価していたが、商品化の際の重み付けについて、商品化する製品の用途に応じて、たとえば抗ウイルス性が求められる製品については、JISに準拠した評価方法だけでなく、より実空間に近いウイルスエアロゾルを対象にした評価も併用するなどを検討した。</li> <li>・他の技術との複合化、材料の耐久性、健康面への影響などについても検討していく必要がある。<br/>→他の技術との複合化、材料の耐久性については、光触媒と吸着剤を組み合わせる等引き続きプロジェクト内で検討した。また、新規可視光応答型光触媒の安全性評価として経口毒性（急性毒性）試験、皮膚刺激性試験・皮膚感作性試験、変異原性試験（Ames試験）、反復毒性試験等を実施した。ナノ粒子としての酸化チタンの安全性評価については、別プロジェクト「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」にて検証された。</li> <li>・技術成果の第三者への供与は、市場拡大には重要なアクションであり、実現のためのシステム構築を期待したい。また、プロジェクト運営の弾力性を高めるために、更に外部の意見を取り入れる機会を増やしていくことを提案したい。<br/>→まずは着実に研究の成果を求め、次の段階として技術成果の第三者への供与のシステム構築も考慮することとした。Cu/WO3については、プロジェクト終了後、自由に第三者へ供与することを参画企業で承認しているため、本製品のサンプルワークを行っていき、適用製品の拡大に努めていく事としている。また、展示会（国際光触媒展、エコプロダクツ展等）、学会等に積極的に参加し、広く外部の意見を取り入れる機会を設けた。</li> </ul> |                           |
| <p>評価に関する事項</p>   | <p>事前評価</p>   | <p>19年度実施 担当部 環境技術開発部</p> |
| <p>中間評価</p>       | <p>21年度</p>   | <p>中間評価実施 担当部 評価部</p>     |
| <p>事後評価</p>       | <p>24年度</p>   | <p>事後評価実施 担当部 評価部</p>     |

| 個別研究開発項目の目標と達成状況        |   | 最終目標(平成23年度)  | 成果   | 達成度  |
|-------------------------|---|---|--|--|
|                         |   | ① 光触媒共通サイエンスの構築   | ラポレベルにおける活性度評価において現状と比較して紫外光活性2倍、可視光活性10倍の高感度化を達成する。 | ・2つの科学的基礎発見を基にして、用途に適した種々の可視光応答型光触媒材料(Cu/WO <sub>3</sub> , Cu/TiO <sub>2</sub> , Fe/TiO <sub>2</sub> , Cu <sub>x</sub> O/TiO <sub>2</sub> など)が創製できた。 |
| ② 光触媒基盤技術の研究開発          | 光触媒製品の低コスト・省エネルギー製造プロセスに適した、光触媒粒子、コーティング液、成膜方法等の基盤技術を開発する。  | ・①にて創製されたCu/WO <sub>3</sub> の量産性(10kg/day)を達成し、そのコーティング液も開発できた。<br>・Cu <sub>x</sub> O/TiO <sub>2</sub> のスバッタ成膜方法を開発し、実証試験に供した。                            | ◎  |  |
| ③ 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発 | 室内環境でも高い効果を発揮する高感度可視光光触媒材料を開発し、内装部材として製品化の目途を得る。  | ・Cu/WO <sub>3</sub> 系コーティング建材パネル、Cu/TiO <sub>2</sub> , Cu <sub>x</sub> O/TiO <sub>2</sub> 系コーティングフィルム、タイル、塗料などを開発し、実証試験に供した。                              | ◎  |  |
| ④ 酸化チタンの新機能創出           | 撥水性酸化チタン、親水-撥水変換技術、強磁性等の新しい物性の探索、エネルギー貯蔵材料との複合化技術等を開発することにより酸化チタンの新機能を創出する。   | ・新陳代謝による自己修復機能をもつ撥水性酸化チタン膜を創製できた。<br>・室温で光誘起相転移を示す新種の金属酸化物(λ)型-Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub> を合成した。<br>・酸化チタンと水酸化ニッケルの複合薄膜において、エネルギー貯蔵により暗所下でVOC分解を確認した。 | ◎  |  |
| ⑤ 光触媒新産業分野開拓            | VOCやPFC等の除去システム、土壌浄化システム、実環境におけるウイルス不活化システム等を開発することにより、光触媒の新産業分野を開拓する。  | ・VOCを99%あるいは1ppmを1ppbまで分解除去できる装置を開発できた。<br>・光触媒シートを利用した原位置土壌浄化システムを構築し、実証試験にて効果を確認できた。<br>・ウイルス等の空気感染・接触感染リスク低減を実証試験現場(空港・病院)で確認できた。                      | ◎  |  |
| ◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達   |   |   |  |  |
| 投稿論文                    |   | 91件(査読付き)   |  |  |
| 特許                      |   | 151件  |  |  |
| その他の外部発表(プレス発表等)        |   | 694件  |  |  |
| III. 研究開発成果について         |   |   |  |  |
| IV. 実用化、事業化の見通しについて     | <p>① 光触媒共通サイエンスの構築<br/>本開発テーマで達成した材料を②③に適用。</p> <p>② 光触媒基盤技術の研究開発<br/>Cu/WO<sub>3</sub>は既に量産化可能であり、プロジェクト終了後はプロジェクト外の企業にも紹介し、適用製品の拡大に努めていく。平成24年中に、最終製品の上市見込。<br/>抗ウイルス性能に優れるCu修飾酸化チタン材料については、一部の試作品について、実証実験で効果の検証も試みており、平成25年には、プロジェクト外企業での適用製品の上市を目指す。<br/>十面体酸化チタン微粒子については、パイロットプラントも完成・稼動しており、平成25年には販売できる姿を目指し、生産性を向上中。</p> <p>③ 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発<br/>光触媒新産業分野開拓に関する成果をベースに、2013年以降の販売開始を目指し、空気浄化、医療衛生分野への製品化を検討中。<br/>日本板硝子は本年12月の製品化を予定(2012年10月11日プレスリリース。)</p> <p>④ 酸化チタンの新機能創出<br/>撥水材料、磁性材料の実用化に向けて2015年以降に企業との共同研究を開始予定。</p> <p>⑤ 光触媒新産業分野開拓<br/>病院、空港での実証試験の結果から2015年の製品実用化を目指して、評価方法の確立、安全性試験などを実施予定。</p> |   |  |  |

|               |      |  |
|---------------|------|--|
| V. 基本計画に関する事項 | 作成時期 | 19年3月 作成   |
|               | 変更履歴 | 20年7月 イノベーションプログラム基本計画の制定による改訂<br>21年6月 事業内容の追加等による改訂<br>22年3月 事業内容の追加等による改訂<br>23年7月 根拠法の改定による改訂<br>24年1月 加速予算による実証実験の期間延長に伴う変更 |

～プロジェクト用語集～

| 用語      | 意味   |
|---------|--|
| アスペクト比  | 2次元形状の物の長辺と短辺の比率。  |
| アニオン    | 陰イオン。電子を受け取って負の電荷を帯びた原子、または原子団。  |
| アモルファス  | 不定形。球状や針状といったような一定の形態を持たない状態のこと。   |
| ウイルス感染価 | 感染性ウイルス粒子の数。   |
| エッチング   | 化学薬品などの腐食作用を応用した塑形ないし表面加工の技法。使用する素材の必要部分にのみ防食処理を施し、腐食剤によって不要部分を除去することで目的形状のものを得る。  |
| 界面電荷移動  | 触媒表面上において、酸化チタンや酸化タングステンから担持した金属へ電子が移動すること。  |
| 価電子帯    | 絶縁体や半導体において、価電子によって満たされたエネルギーバンドのこと。   |
| 逆ミセル法   | ナノ粒子（微粒子）の合成法。<br>界面活性剤の分子は、水になじみにくい部分（疎水基）と水になじみやすい部分（親水基）があり、疎水基を内側にして包み込んだ状態をミセルとよび、親水基を内側に包み込んだものを逆ミセルと呼ぶ。そして、有機溶媒にわずかな水を分散させ、逆ミセルでこの水を包み込み、化学反応を行って微粒子を作る方法を逆ミセル法と呼ぶ。 |
| 強磁性     | 隣り合うスピンの同一の方向を向いて整列し、全体として大きな磁気モーメントを持つ物質の磁性を指す。そのため、物質は外部磁場が無くても自発磁化を持つことが出来る。  |
| クラスター   | 数個から数百個単位での集まりのこと。   |
| ゲル      | 分散系の一種で、ゾルのような液体分散媒のコロイドだが、分散質のネットワークにより高い粘性を持ち流動性を失い、系全体としては固体状になったもの。  |
| 格子欠陥    | 結晶において空間的な繰り返しパターンに従わない要素のこと。  |
| コロニー    | 細菌や培養細胞などが形成する単一細胞由来の細胞塊。  |



| 用語            | 意味  |
|---------------|---|
| 再結合           | 光導電体に光を照射することによって生成した電子と正孔が、再度、結合して安定な状態をつくる現象。   |
| CVD           | 化学気相成長、化学気相蒸着または化学蒸着（CVD: Chemical Vapor Deposition）。さまざまな物質の薄膜を形成する蒸着法のひとつで、石英などで出来た反応管内で加熱した基板物質上に、目的とする薄膜の成分を含む原料ガスを供給し、基板表面あるいは気相での化学反応により膜を堆積する方法。   |
| 磁気抵抗効果        | 磁場をかけると電気抵抗率が増加する現象。  |
| 磁気電気効果        | 磁石に近づけることで電気の流れやすさが変わる現象。   |
| 常磁性           | 外部磁場が無いときには磁化を持たず、磁場を加えるとその方向に弱く磁化する磁性のこと。  |
| スパッタ法         | 薄膜を生成する手法のひとつで、アルゴンガス粒子をターゲット（薄膜にしたい物質）に衝突させ、その衝撃ではじき飛ばされたターゲット成分を基板上付着させて薄膜を作る方法のこと。<br>スパッタ法は、他の薄膜作成法と比べても、基板への付着力の強い膜の作製が可能であること、合金系や化合物のターゲットの組成比をほぼ保ったまま膜作製が可能であること、時間制御だけで精度の高い膜厚の制御が可能であり、また弾き飛ばすガスに反応性のガスを混合することにより酸化物・窒化物の薄膜の作成も可能であること、といった利点がある。 |
| 正孔            | ホールともいう。半導体（または絶縁体）において、（本来は電子で満たされているべき）価電子帯の電子が不足した状態を表す。   |
| 静電容量（キャパシタンス） | コンデンサなどの絶縁された導体において、どのくらい電荷が蓄えられるかを表す量。   |
| ゾル            | 分散系的一种で、液体を分散媒とするコロイド。分散質は固体・液体・気体がありうるが、狭義には固体を分散質とするものに限ることもある。   |
| ソルボサーマル法      | 圧力容器中に溶媒と原料を投入し沸点温度以上まで昇温し容器内の圧力が大気圧以上の条件で粒子を合成する方法。水を溶媒とするものを水熱合成法という。   |
| 多電子還元         | 白金や銅イオンが光誘起電子のアクセプター（電子を受け取ることが出来る物質）となり、多電子を貯蔵し、効率的に還元反応を行うこと。   |
| 担持            | 光触媒表面に他の触媒等をごく微量固定化させること。   |

| 用語            | 意味   |
|---------------|--|
| 窒素ドーブ型酸化チタン   | 酸化チタンの結晶格子の中に少量の窒素イオンが添加されている物質のこと。窒素イオンが不純物準位を形成することで可視光を吸収することができ、近年では有望な可視光型光触媒として期待されていた。  |
| テドラーバック       | ガスの付着が少ないガスバック。テドラーは米国デュポンの登録商標。   |
| 伝導帯           | バンドギャップのある系において、バンドギャップの直上にある、空のバンドのこと。  |
| ドーピング         | 半導体に不純物を少量添加してその電気的性質を変えること。   |
| バインダー         | 物と物を接着する物質。  |
| バクテリオファージ     | 細菌に感染するウイルスの総称。タンパク質の外殻に遺伝情報を担う核酸（主に二本鎖DNA）を持っている。   |
| バンドギャップ（禁制帯）  | バンド構造における電子に占有された最も高いエネルギーバンド（価電子帯）の頂上から、最も低い空のバンド（伝導帯）の底までの間のエネルギー準位（およびそのエネルギーの差）を指す。電子がバンドギャップを越えて価電子帯と伝導帯の間を遷移するには、バンドギャップ幅以上の大きさのエネルギー（光や熱）を吸収または放出する必要がある。 |
| 光誘起           | 光によって刺激して発生させること   |
| 非磁性体          | 非磁性体とは強磁性体でない物質のことであり、以下の3種類（反磁性体、常磁性体、反強磁性体）の総称。  |
| PFC           | フッ素と炭素からなる化合物（Per Fluoro Compounds）。「PFCs」とも略される。オゾン層の破壊はしないが、二酸化炭素の数千倍という強力な温室効果を持つため、現在ではその排出が厳重に規制されている。  |
| VOC（揮発性有機化合物） | 常温常圧で大気中に容易に揮発する有機化学物質の総称のこと（Volatile Organic Compounds）。  |
| プラーク          | 細胞培養で菌が死滅した斑。ウイルスに感染した細胞は溶菌を起こし多数のウイルス粒子を放出する。細菌ウイルスに対しては、溶菌を起こした細菌は寒天平板上でプラークを形成する。   |
| ブラックライト       | わずかに眼で見える長波長の紫外線を放射するライト。  |

| 用語      | 意味   |
|---------|--|
| モルフォロジー | 構造、形態のこと。  |
| 陽極酸化法   | 通電により酸化膜を形成するプロセス技術。スパッタ法、CVD（化学的気相成長）などに比べ、ピンホールの少ない緻密な膜ができる。 |
| 量子効率    | 物質で、光子もしくは電子が他のエネルギーの光子もしくは電子に変換される割合。                         |
| レイノルズ数  | 慣性力と粘性力との比で定義される無次元数。流体力学において流れの性質を調べるために利用される重要な値。            |

## I. 事業の位置付け・必要性について

### 1. NEDO 関与の必要性・制度への適合性

#### 1. 1 NEDO が関与することの意義

##### (1) 光触媒産業の技術的課題と対応

光触媒技術は、我が国発祥の技術であり、第3期科学技術基本計画の中でも、当該技術を活用した多様な効果を示す材料の開発が、我が国の競争優位の確立に着実に貢献していると考えられる政府研究開発の成果として例示されており、きらりと光る発見・発明から始まり、いわゆる死の谷などの多くの困難を乗り越えて発展したものであり、発展の流れを引き続き加速していかなければならない成果とされていた。我が国の光触媒産業は国際的に高い技術力と競争力を有し世界を先導してきていたが、欧米、アジア諸国の技術力向上、市場進出の活発化により、我が国の優位性の将来にわたる確保は予断を許さない状況にあり、我が国において産学官を含む連携の強化を図ることで、次世代の光触媒に向けたイノベーションを促進することが喫緊の課題となっていた。

次世代の光触媒としては、紫外線の少ない室内でも機能する可視光応答型の開発が求められていたが、十分な機能を有する触媒材料は得られていなかった。

可視光応答型光触媒の飛躍的な特性改善とそれを実際の製品に迅速に適用するためには、既存部材の改良に留まらず、新たな原理を目指して「学」によるサイエンスに遡った研究開発と「産」との共同研究による技術移転が必要不可欠であった。そこで、本事業では、「学」における光触媒研究開発の第一人者を結集した集中研究室を設け、「産」からは光触媒の新たな用途開拓による市場拡大を狙う企業が参画して共同研究を行うというオールジャパン体制で研究を推進した。

##### (2) 本事業に関連する経済産業政策

本事業は、「情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすること」を政策目標とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として実施された。

また、技術戦略マップに位置づけられた重要技術課題としては、「部材分野の技術戦略マップ」における、医療・福祉／安全・安心分野－建築用部材－健康安全用部材、環境エネルギー分野等－建築用部材－長寿命化用部材、及び環境エネルギー分野等－環境負荷低減部材－（光）触媒に対応箇所がある。

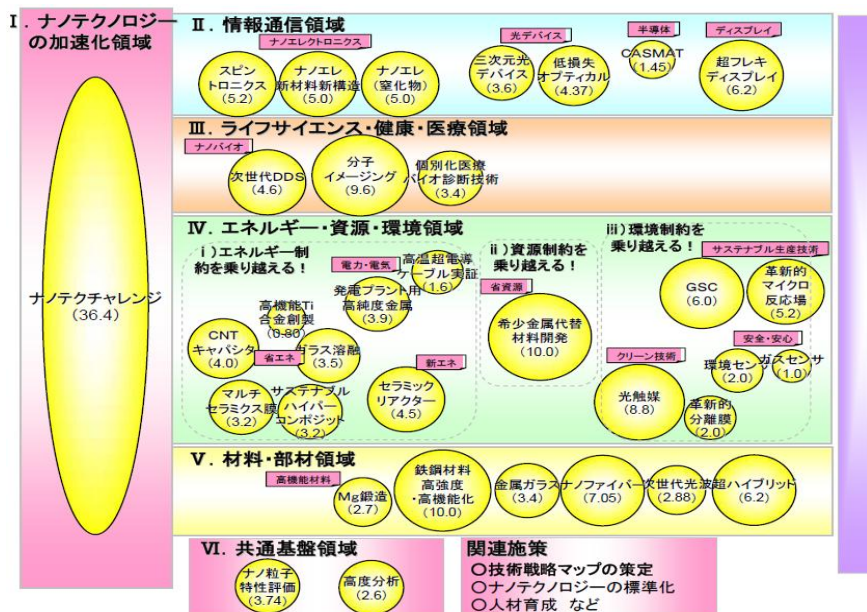


図 I-1 ナノテクノロジー・部材イノベーションプログラム基本計画の概要

| ID番号    | 対象部材<br>(中項目) | 対象部材<br>(小項目) | 出口から部材<br>に対し求められる機能 | 求められる機能を発現する高度部材 | 評価指標                          |               |         |                           |                            |   |
|---------|---------------|---------------|----------------------|------------------|-------------------------------|---------------|---------|---------------------------|----------------------------|---|
|         |               |               |                      |                  | サステナビリティへの寄与                  | 目的への貢献・ポテンシャル | 他機能への影響 | 学際・業<br>際研究<br>開発の<br>必要性 | 部材として<br>の研究<br>開発の<br>必要性 |   |
| 3-02-19 | 建築用<br>部材     | 外装・内<br>装・骨格  | 不燃化・難燃<br>化          | 不燃化木材            |                               |               |         | ○                         | ○                          |   |
| 3-02-20 |               |               |                      | 耐火鋼材             |                               | ○             |         |                           | ○                          |   |
| 3-02-21 |               | 外装・骨格         | 耐火性の付与               | 耐火塗料             |                               | ○             |         |                           | ○                          |   |
| 3-02-22 |               |               |                      | 断熱塗料             |                               | ○             |         |                           | ○                          |   |
| 3-02-23 |               | 骨格            | 熱流遮断                 | 耐火被覆材            |                               | ○             |         |                           | ○                          |   |
| 3-02-24 |               | システム          |                      | 火災断熱・遮熱システム      |                               | ○             |         |                           | ○                          |   |
| 3-02-25 | 健康安全用<br>部材   | 内装            | 脱VOC化                | 非VOC建材           | ○                             | ○             | ○       | ○                         | ○                          |   |
| 3-02-26 |               |               |                      | 室内空気等<br>浄化      | 化学物質・ウィルス等吸着建材（ナノポーラス・ゼオライト等） | ○             | ○       | ○                         | ○                          | ○ |
| 3-02-27 |               |               |                      |                  | 化学物質・ウィルス等分解建材（光触媒等）          | ○             | ○       | ○                         | ○                          | ○ |
| 3-02-28 |               |               |                      | VOC吸収、有害物質防衛加工繊維 | ○                             | ○             | ○       | ○                         | ○                          |   |
| 3-02-29 |               |               |                      | システム             | 化学物質・ウィルス等吸着フィルター             |               | ○       |                           |                            | ○ |
| 3-02-30 |               |               |                      | 開口部              | 花粉防止スクリーン                     |               | ○       |                           |                            | ○ |
| 3-02-31 |               |               |                      | 開口部用部<br>品       | 自然換気システム                      | ○             | ○       |                           |                            | ○ |

図 I-2 部材分野の技術マップ（抜粋）

(3) 先行するNEDO事業との関係

光触媒に係る先行するNEDO事業としては、水の完全分解光触媒（CO<sub>2</sub>を伴わない水素の獲得）及びメタンの気相選択酸化触媒の開発（メタノールの省エネ合成）を目的として、平成4～13年度に約34億円を投入し、委託先である財団法人地球環境産業技術研究機構(RITE)の下、8大学・公的研究機関により実施された「環境調和型触媒技術研究開発」に遡ることができる。しかし、当該事業については、挑戦的なテーマ設定自体は、国のプロジェクトとしてふさわしく、10年にわたり難度の高い研究に取り組みこの分野の推進に貢献し目標値は達成しているものの、実用化においては評価できる段階に到達していない、と評価されている。

次いで、本事業に繋がったものとして、光触媒の超親水性機能を活用して、住宅用の放熱部材を利用した冷房空調の負荷低減システムを開発し、建築物の省エネルギーを一層促進すること、及び可視光応答型光触媒を室内部材に適用することにより、ホルムアルデヒド等の有害化学物質を効果的に分解・除去し、生活環境の安全性を向上させつつ気密性の高い省エネルギー型住宅の普及に貢献することを目的として、平成15～17年度に約14億円を投入し、2大学及びのべ20社の参加を得て実施された「光触媒利用高機能住宅用部材プロジェクト」を挙げることができる。

特に、室内環境浄化部材の開発については、可視光応答型光触媒の有機物分解機構を明らかにし、

最終製品プロセス開発まで達したものもあり、更に、今後可視光の利用領域の拡大、抗菌性への発展になれば応用拡大が期待できるなど可視光応答型光触媒の研究方向をより明確にできたことの意義は大きい、と評価された。一方で、実使用条件でのデータ取りはこれからのものが多く、今後、更なるデータの蓄積のもとで、耐久性（劣化）評価や換気回数の削減が課題であるとされ、今後に対する提言として、光触媒は材料として非常に高価なものなので、より経済的な材料に仕上げること、VOC分解能に加えて、抗菌・抗ウイルス等の機能を付加した付加価値の高い製品を開発すること等の努力が今後も必要と考えられ、それにより競争力の高い製品を市場に出し、世界をリードすることが期待される、とされている。

#### （４）NEDO事業としての妥当性

光触媒の有害化学物質分解能や抗菌・抗ウイルス性等を建築内装部材等に応用、展開することは、安心・安全や環境負荷低減の観点から緊急性、公共性等が高く、かつ、環境関連技術の国際競争力の強化の観点からも我が国の優位性を高めるものであることに加え、可視光応答型の光触媒の開発に必要な科学的な新原理の解明という極めて難易度の高い研究とその研究成果の製品への速やかな適用を行うことは、企業単独では極めて困難かつリスクが高く、NEDOの研究開発マネジメント力を活かしつつ産学連携で行うことが必要であり、本事業はNEDO事業として極めて妥当であった。

また、光触媒の効果の客観的評価手法は、いわゆるまがい物を排除し、正当な製品の普及を図るための市場環境整備に必要不可欠な基盤であって、必要な試験方法の標準化等を研究開発と併行して効果的に進めるためにも、NEDO事業として取り組むことが必須であった。

## 1. 2 実施の効果（費用対効果）

### (1) 事業費

表 I - 2 本事業の予算

|                  | 総額    | H19 年度 | H20 年度                | H21 年度                | H22 年度 | H23 年度                | H24 年度               |
|------------------|-------|--------|-----------------------|-----------------------|--------|-----------------------|----------------------|
| 予算<br>単位：<br>百万円 | 4,742 | 974    | 897<br>うち加速予算<br>(35) | 913<br>うち加速予算<br>(36) | 985    | 933<br>うち加速予算<br>(10) | 39<br>うち加速予算<br>(39) |

### (2) 効果

主として紫外光応答型光触媒材料を適用した外装用建築部材と空気清浄機から形成されている光触媒市場は、今後数年内には国内で約 1000 億円程度の規模に達するとの見方である。一方、これまでのシンクタンクなどの調査報告によれば、潜在的な光触媒市場は数兆円と分析されている<sup>1)</sup>。

現在市販されている酸化チタン光触媒、可視光応答型光触媒では能力的に未だ不十分であり、潜在的な光触媒市場のニーズである室内への応用範囲に限界が見えており、また、環境浄化への応用展開も期待が先行し過ぎて必ずしも十分な効果が伴っていないのが現状である。光触媒の特に可視光のエネルギー変換効率が上昇し、室内環境部材を中心とした多岐の事業分野に跨った潜在的なニーズへの適用が進めば、我が国発の光触媒技術が真に強い環境関連産業へと成長し、さらに、世界市場へと大きく展開していく可能性が現実のものとなる。

本事業に先立ち光触媒関連メーカーに対して行われたヒアリングにより、本事業によって、室内向け用途拡大、新産業開拓等の達成に目途をつけることで、展開可能なマーケットの市場規模は今後 20 年間で 2 兆 8000 億円まで達するものと見込んでいる。

本事業の技術開発目標である可視光感度 10 倍、紫外光感度 2 倍は、このような市場規模の実現に必要な触媒性能として設定した挑戦的なものであり、当該目標の達成に投じた研究開発費に照らし十分な費用対効果があると考えられる。

<sup>1)</sup> 環境関連の光触媒市場として、三菱総研は 1998 年に 1 兆円程度、環境省は 2003 年に 4 兆円程度との推計を発表している。

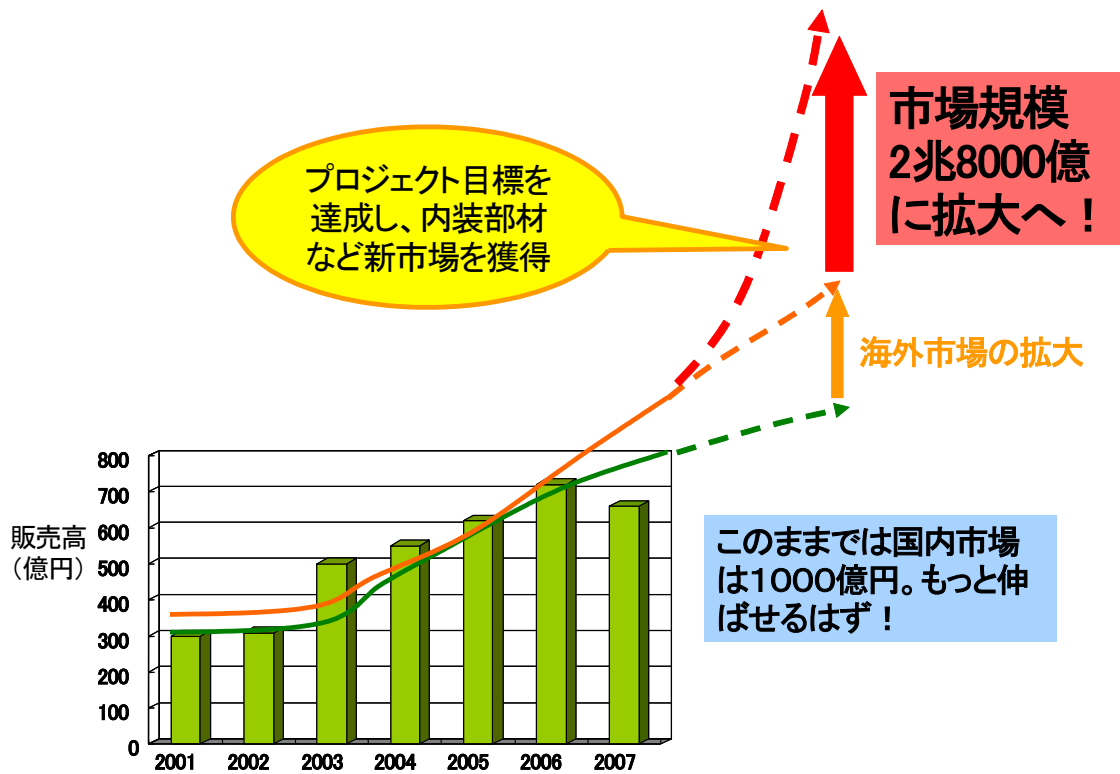


図 I-3 光触媒関連市場の現状と将来見通し

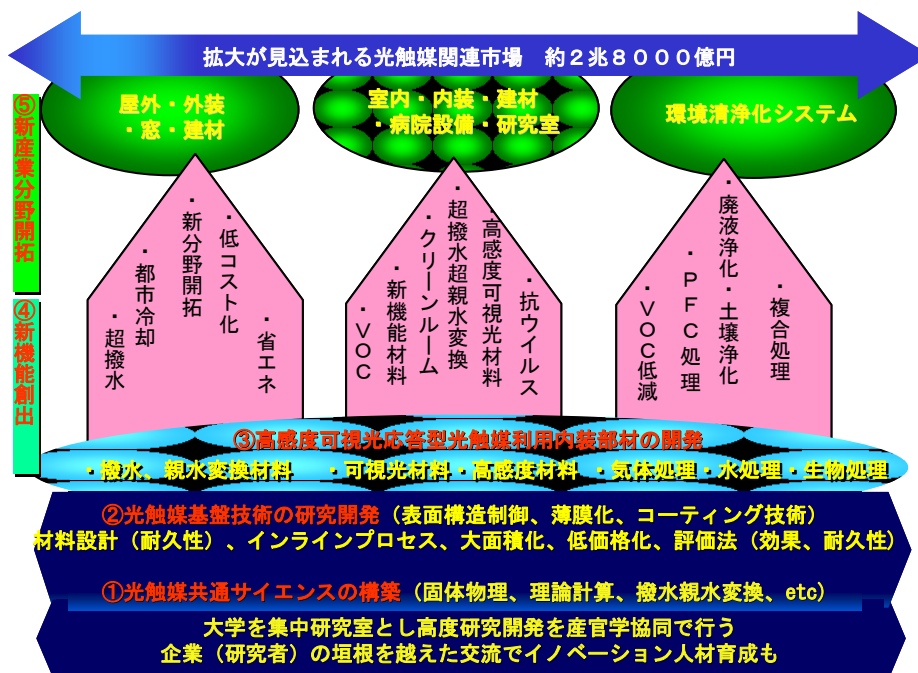


図 I-4 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト技術開発シナリオ



## 2. 事業の背景・目的・位置付け

### 2. 1 事業の背景

現在の光触媒市場の大半をなす建築関連材料は、屋外建材から応用が始まり、現在、セルフクリーニングタイル、セルフクリーニングガラス、セルフクリーニングテント、防曇ミラーなどが市場に出回っている。ここで光触媒により与えられるセルフクリーニング、防曇機能は、建築部材にコーティングされた酸化チタンが、自然光に含まれている紫外線を吸収することにより起こる酸化分解反応、親水化反応に依存している。すなわち、使用環境中に存在する紫外線強度が機能発現能力の重要なパラメーターである。太陽光には  $3\text{mW}/\text{cm}^2$  程度の紫外線が含まれており、曇りの日、あるいは日陰においても光触媒の機能を発揮するのに十分な数百  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  以上の紫外線が屋外には存在している。そこで、屋外用途の材料としては現在の酸化チタン光触媒でもその能力は十分にあると言える。

一方、内装建築材料を含め、室内で使われる製品に対しても光触媒を利用して VOC 除去、抗菌・抗ウィルス、防臭、防汚などの機能を持たせると謳ったさまざまな製品が販売され始めていた。しかし、室内においては、日中、窓からの外光が入る条件においてもせいぜい数  $10\mu\text{W}/\text{cm}^2$  程度、窓からの光が全く見込めない部屋や夜間では、屋内照明に含まれるわずか  $1\mu\text{W}/\text{cm}^2$  程度の紫外線しか見込めず、この程度の紫外線強度は分解力、親水性発現のいずれにおいても不十分であり、酸化チタン光触媒単独では室内 VOC 除去や脱臭機能、さらに易洗機能などの発現はほとんど困難であるという説が学術的には有力である。この紫外線不足を補うため、抗菌効果のある銀や銅と酸化チタン光触媒を複合化した抗菌タイル、吸着剤と酸化チタンを複合させた室内 VOC 低減内装材などが販売されている。これらの複合化材料はその効果が科学的に確認された上で市場に出されているものもあるが、そのような良心的なものはマイナーであり、多くの室内用途光触媒応用製品はイメージ商品であるとの批判も多いのが現状である。

一方、2000 年ごろに窒素ドープ型可視光応答酸化チタン光触媒が開発され、これにより室内における光量の課題は解決できるかと思われてきた。実際、それを利用した製品も出回りつつあった。しかし、やはり現在の可視光応答型酸化チタンのレベルでは光触媒単独で室内光条件下において光触媒機能を発現するには能力的に不十分であることが明確になってきている。

光触媒産業を形成しているもうひとつの主分野は空気浄化装置分野である。この装置の中には酸化チタン光触媒粉末が分散担持、あるいはコーティングされたフィルターと、それに照射するための紫外線光源が装填されている。原理的には捕獲効率の高いフィルター上に光触媒を安定に加工し、十分に強力な紫外線を照射すると高い浄化機能を得ることができる。しかし、現在市場に出回っている家庭用装置は、必ずしも高い空気浄化効果を必要としないため、これをそのまま高い浄化効果が必要な産業用途などには使えない。一部、高効率のフィルターと十分な紫外線光源を内蔵した空気浄化装置が病院や老人ホームの抗菌、脱臭用途などに展開しつつあるが、その機能はまだ限定的であり、工場排出 VOC 除去などの本格的な産業用途に展開するまでには至っていない。

### 2. 2 事業の目的

光触媒製品市場を現在より一桁大きいものに拡大し、かつ産業として持続させるためには、真の効果が期待でき、消費者、利用者がそれを実感できる製品を開発し、展開していくことが重要である。

具体的には建築材料への展開をよりいっそう拡大し、さらに環境改善、浄化技術への応用を促進するためには、市場拡大を阻害する下記の要因の克服に加え、新規用途開拓に向けた課題にも対応することが重要であり、本事業の主要な目的とした。

また、市場の光触媒製品の受容には、製品の性能を客観的に示すことが必要であり、評価基盤の

整備も本事業の大きな目的であった。

#### ○機能要因

内装建材用途の拡大には高感度化、可視光応答化が最も重要な課題である。本事業で目指す市場ニーズへの対応には、従来の可視光型光触媒に比べて効率を10倍にする必要があり、そのためには、酸化チタンをベースにした修飾等による可視光応答化と、酸化チタンとは全く異なる新たな光触媒材料の開発・活用の2種類のアプローチが考えられる。更に、光触媒材料は様々な環境浄化技術への展開が期待されているが、その中でも業務用途の脱臭装置、塗装工場や化学工場でのVOC分解除去装置などが非常に大きな潜在的市場を有すると考えられている。また、クリーンルームなどへの展開も期待されている。しかし、これらの本格的な展開のためには現在使われているレベルの光触媒フィルターでは能力的に不十分であり、より感度が上昇した光触媒材料が開発され、フィルターの分解・除去能力を増大させることが必須である。

#### ○コスト要因

コーティングコストの削減が重要である。光触媒として一般に使用される酸化チタンは安価な無機材料であり、バインダー等も特殊な化学品を使わない。また、コーティング膜は1  $\mu\text{m}$  以下（多くの場合 0.1  $\mu\text{m}$  以下）と薄膜状態で使われるため、原料コストは非常に小さい。すなわち、コーティングコストの大半を占めるのはプロセスコストであり、プロセスコストを下げるのが最も重要である。

#### ○新規用途開拓への課題

従来適用が困難とされてきた医療関連分野やVOC等による汚染土壌処理、パーフルオロカーボン(PFC)処理/フッ素回収等の環境関連分野等への光触媒技術の展開また、昨今のSARSや鳥・豚インフルエンザ騒動から容易に想像できるように、抗ウイルス性の適用への期待は大変大きいものがある。実際、ウイルスが光触媒作用により不活性化することを示すデータはいくつかの機関により出されていた。しかし、実空間においてウイルスは細菌やエアロゾルといった宿主等の中に存在しており、そのような状態のウイルスに対し、光触媒が効果的に作用するかは未確認であり、これらの実証研究への取組みも重要な課題であった。

#### ○普及のための評価基盤整備

光触媒技術は、国際的な拡がりを見せる一方で、十分な効果のない製品、「まがいもの」が市場に多く流通し、光触媒自体の信頼を損ね始めている。そのため、紫外光型光触媒については、経済産業省が主体となって、正しく性能を評価するための標準化作りの検討が平成14年9月から開始され、平成20年度末までにJIS化が完了した。可視光応答型光触媒についても、製品開発とその性能評価方法のJIS化、ISO化を一体となって進め、正しい評価基準をつくり、良い製品のみを市場に供給することが重要な課題であった。

## 2. 3 国内外の研究開発動向からみた事業の位置付け

我が国オリジナルの光触媒研究より進展した我が国の光触媒産業は、国際的に高い技術力と競争力を有し、欧米に比べ、2倍以上のマーケット規模(約800億円)となっている。窒素ドープ型の可視光応答型光触媒も日本人研究者によって創製され、これを機に世界で可視光応答型光触媒研究が盛んに行われるようになった。しかし、窒素ドープ型は、実空間でその効果が実感できるほど高活性でなかったため、真に可視光下で効果を発揮できる新規の可視光応答型光触媒の創製が、我が国の光触媒研究・技術のレベルの高さが欧米やアジアのレベルと一線を画するものであることを示すためにも必要とされていた。また、そのレベルの高さは、ISOなど標準化において真に効果を発揮する我が国の光触媒技術・製品を国際基準とするため、あるいは欧米・アジアにおける我が国産の光触媒製品のマーケット拡大にも必要であった。

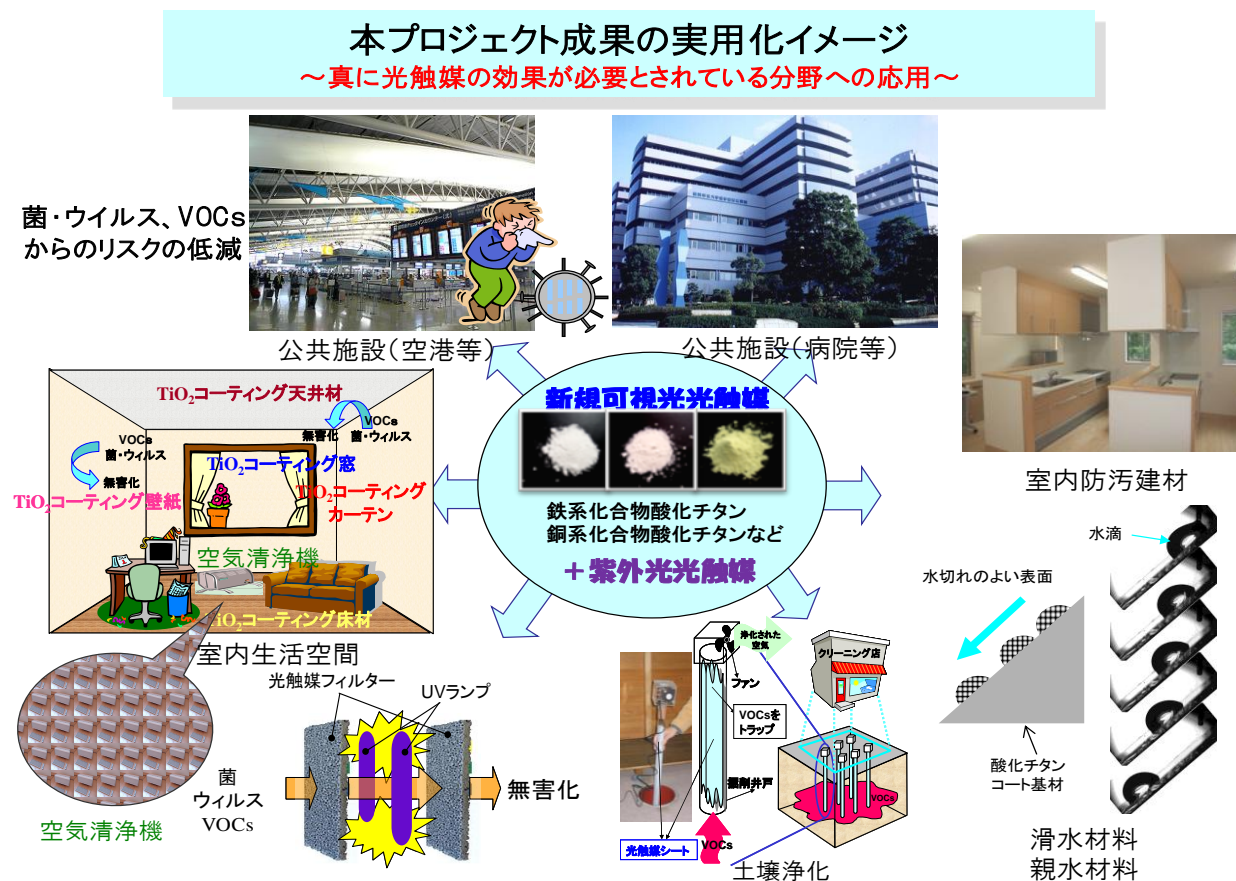


図 I-5 本プロジェクト成果の実用化イメージ

## II 研究開発マネジメントについて

### 1. 事業の目標

#### 1. 1 事業の目標

我が国発祥の光触媒技術の新産業分野開拓を目指し、サイエンスに遡ることにより、紫外光のみならず、可視光レベルで高い機能を発揮する光触媒の開発に取り組む。光触媒の可視光応答化により、従来十分に効果の得られなかった室内においても、空気浄化、防汚、抗菌・抗ウイルス等の機能を発揮し、安心・安全な環境作りに貢献する。また、医療関連分野や土壌処理、VOC（揮発性有機化合物）分解除去などの環境関連分野等、新しい産業に光触媒を適用する技術を開発する。

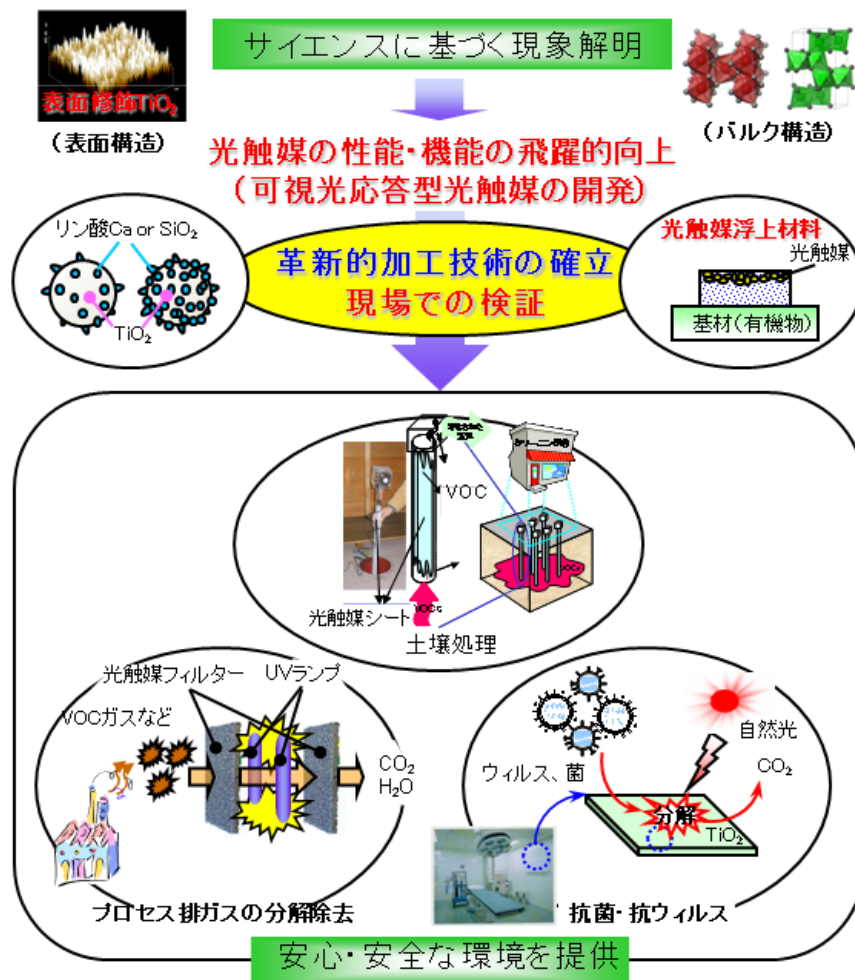


図 II - 1

固体物理をベースとした材料設計などの光触媒共通サイエンスを構築すると共に、表面構造制御、薄膜化、コーティング技術などの共通基盤技術を開発し、医療関連分野や環境関連分野等の産業用途に実現できる性能として、紫外光条件での 2 倍の性能向上、可視光条件での 10 倍の性能向上を目指す。

#### [最終目標]

##### ① 光触媒共通サイエンスの構築

中心となる大学に集中研究室を設置し、産学官共同で高度研究開発を行なうことにより、平成 23 年度に、ラボレベルにおける活性度評価において現状と比較して紫外光活性 2 倍、可視光活性

10 倍の高感度化を達成する。

② 光触媒基盤技術の研究開発

光触媒製品の低コスト・省エネルギー製造プロセスに適した、光触媒粒子、コーティング液、成膜方法等の基盤技術を開発する。

③ 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

室内環境でも高い効果を発揮する高感度可視光応答型光触媒材料を開発し、内装部材として製品化の目途を得る。

④ 酸化チタンの新機能創出

撥水性酸化チタン、親水-撥水変換技術、強磁性等の新しい物性の探索、エネルギー貯蔵材料との複合化技術等を開発することにより酸化チタンの新機能を創出する。

⑤ 光触媒新産業分野開拓

揮発性有機化合物（VOC : Volatile Organic Compound）等の除去システム、土壌浄化システム、実環境におけるウイルス・細菌の不活性化システム等を開発することにより、光触媒の新産業分野を開拓する。

## 1. 2 研究開発項目毎の詳細な目標

### 研究開発項目①「光触媒共通サイエンスの構築」

#### [中間目標]

- (1) 吸収強度、反応活性向上のための理論計算による高機能光触媒材料の複合元素組成に関する設計仕様を確立する。
- (2) 反応活性向上に向けた構造制御に関する原理を完成させる。
- (3) 光触媒反応活性の評価方法を確立する。
- (4) 光触媒の研究開発に特有な複数の大学・企業間が保有する知的財産の有効活用に関する指針作成を行なう。

#### [最終目標]

平成 23 年度に、ラボレベルにおける活性度評価において現状と比較して紫外光活性 2 倍、可視光活性 10 倍の高感度化を達成し、光触媒共通サイエンスを完成させる。

### 研究開発項目②「光触媒基盤技術の研究開発」

#### [最終目標]

- (1) 高感度化光触媒の低コスト・大量合成技術を開発する。
- (2) 高感度化光触媒が安定に分散したコーティング液の低コスト・大量合成技術を開発する。
- (3) 湿式、乾式プロセスによる低コスト・大面積成膜プロセスを開発する。

目標の詳細は事業者毎に設定している。（後述の「研究開発内容」参照）

### 研究開発項目③「高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発」

#### [最終目標]

- (1) 高感度可視光応答型光触媒の内装部材へのコーティング特性、硬度、意匠性等部材としての

基本性能を検証し、製品化の目処をつける。

- (2) 気体処理 (VOC、NOx)、抗菌・抗ウィルスの室内環境での効果に関し、評価手法の確立、データベース化を行う。
- (3) 実証試験によって室内空間全体としての浄化レベルを把握する。

目標の詳細は事業者毎に設定している。(後述の「研究開発内容」参照)

#### 研究開発項目④「酸化チタンの新機能創出」

[最終目標]

- (1) 防汚性等の機能を持つ撥水性酸化チタン膜、繰り返し特性に優れた親水-撥水変換技術を確立する。
- (2) 光触媒とエネルギー貯蔵材料との複合化により、暗所において光触媒機能を維持する技術を検討し、その適用可能性を検証する。
- (3) 強磁性等の酸化チタンの新しい物性を探索し、その適用可能性を検証する。

目標の詳細は事業者毎に設定している。(後述の「研究開発内容」参照)

#### 研究開発項目⑤「光触媒新産業分野開拓」

[最終目標]

- (1) VOC 等の除去システムを構築し、実証試験による効果の検証を行う。従来の方式と比較してより省電力で、低コスト化を達成し、製品化の目途を得る。
- (2) VOC 汚染土壌の浄化に向けた最適な光触媒材料、システムを構築し、実証試験による効果を確認し、土壌浄化システムとしての適用可能性を検討する。
- (3) ウィルス・細菌の不活性化に対する光触媒の有効性を、精密にコントロールされた環境下におけるモデル実験に加え、実空間における実証実験で評価し、ウィルス・細菌の不活性化システムとしての適用可能性を検討する。

目標の詳細は事業者毎に設定している。(後述の「研究開発内容」参照)

2 事業の計画内容

2. 1 研究開発の内容

(テーマ別の予算配分比)

| 研究開発項目                 | 年度 | H19年度 | H20年度 | H21年度 | H22年度 | H23年度 | H24年度 |
|------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ①光触媒共通サイエンスの構築         |    |       |       |       |       |       |       |
|                        |    | (51%) | (52%) | (28%) | (25%) | (23%) |       |
| ②光触媒基盤技術の研究開発          |    |       |       |       |       |       |       |
|                        |    | (8%)  | (11%) | (7%)  | (7%)  | (7%)  |       |
| ③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発 |    |       |       |       |       |       |       |
|                        |    | (12%) | (11%) | (8%)  | (25%) | (30%) | (70%) |
| ④酸化チタン新機能創出            |    |       |       |       |       |       |       |
|                        |    | (7%)  | (6%)  | (3%)  | (5%)  | (5%)  |       |
| ⑤光触媒新産業分野開拓            |    |       |       |       |       |       |       |
|                        |    | (7%)  | (6%)  | (43%) | (27%) | (24%) | (30%) |
| 人材育成事業                 |    |       |       |       |       |       |       |
|                        |    | (12%) | (11%) | (9%)  | (9%)  | (9%)  |       |
| 標準化事業                  |    |       |       |       |       |       |       |
|                        |    | (3%)  | (3%)  | (2%)  | (2%)  | (2%)  |       |
| 予算(百万円)                |    | 974   | 897   | 914   | 985   | 932   | 39.2  |

## ①光触媒共通サイエンスの構築

(国立大学法人東京大学、独立行政法人産業技術総合研究所、財団法人神奈川科学技術アカデミー、学校法人中部大学)

### ①-1 高感度化光触媒の設計指針の確立

酸化チタンは半導体材料であり、その物性はバンド構造、特に価電子帯、伝導帯のエネルギー位置、禁制帯幅、禁制帯内の準位などに支配される。現状で可視光応答型光触媒材料として盛んに研究されている窒素ドーピングを始めとするアニオンドーピング酸化チタンは、価電子帯上方の禁制帯内にアニオン p 軌道由来の準位を形成するため、可視光応答性を発現する。しかしながら、禁制帯内の孤立準位形成が、可視光照射下での活性を低いレベルに留めており、可視光活性の向上が必要である。ここでは、固体物理をベースとした材料設計、理論計算の手法を用い、光触媒のバンド構造、特に価電子帯を制御し、高感度化光触媒新物質を創出するための設計指針を確立する。また、電子正孔対の再結合中心の構造特定やラジカル連鎖反応を解析するため、二重励起光音響分光法、電気化学的な解析、作用スペクトル解析をおこない、高感度化光触媒材料の設計指針を確立する。

### ①-2 不純物ドーピングによる高感度化光触媒の研究開発

酸化チタンに不純物をドーピングした際、孤立準位形成ではなく、価電子帯上端のシフトによってバンドギャップを狭窄すれば、光励起正孔の移動度向上の観点から可視光活性が大きく向上するものと考えられる。そこで、窒素 p 軌道由来の準位を価電子帯側に近づければ、酸化チタンの価電子帯を形成する酸素 p 軌道と混成し、バンドギャップが狭窄すると考えられる。そこで、ドナー・アクセプターの相互作用を用い、窒素 p 軌道由来の準位を価電子帯側に近づける。ここでアクセプターは窒素であるが、ドナーとして電荷補償の観点から 5 価金属イオンを選択する。以上、5 価金属イオン・窒素共ドーピングによって、可視光活性の高い光触媒を創製する。また、バンドギャップの狭窄をおこすようなドーピングとして、窒素ならびに硫黄ドーピング処理した酸化チタンを開発する。

### ①-3 金属・金属錯体・金属酸化物等の異種材料との複合による高感度化光触媒の研究開発

近年、白金、パラジウム、ロジウムなど貴金属ハロゲン化物担持による酸化チタンの可視光応答化も報告されている。その中で、白金塩化物を担持した酸化チタンの可視光照射下における酸化分解活性が特に高いことが見出されているが、貴金属の利用は実用上の大きな課題となる。ここでは、貴金属塩化物に代わる金属塩化物を可視光増感剤として用いることで可視光応答性が発現できると考え、可視光活性の高い増感剤の探索を行う。一方、可視光を吸収することが可能な酸化タングステン ( $WO_3$ ) 等を酸化チタンと複合し、可視光での活性を向上させる。酸化チタンの結晶面に選択的に接合させることで、高感度化を達成する。さらに、可視光応答型非  $TiO_2$  系の各種複合半導体を用いた高感度化光触媒の検討を行う。特に p 型銅系酸化物と n 型タングステン系酸化物半導体を用いた光触媒を対象とする。酸化タングステンは、460nm までの光を吸収することができるので、 $TiO_2$  に比べて、太陽光では約 3 倍、蛍光灯では約 10 倍の光子を利用できる。ドーピング化合物と比較しても可視光領域の吸光係数が高く、元素としての有害性もない。単純酸化物なので触媒調製や修飾、薄膜形成などがドーピング化合物よりも簡便である、などの多くの利点がある。この n 型のタングステン系酸化物半導体をベースとして、高表面積化やモルフォロジー制御を行い、伝導帯電子の酸素還元機構を検討するとともに酸素還元能力を向上するための助触媒を開発する。複数の半導体の p-n や n-n 等の多層接合を利用することで高活性化を実現する。

また、多電子還元反応触媒 (Pt, WC, Cu イオン等) の複合化についても検討する。具体的には、i) 酸化タングステン ( $WO_3$ ) と多電子還元反応触媒の複合化、ii) 擬 LMCT (Ligand to Metal Charge Transfer, 配位子金属間電荷移動遷移) としての多電子還元反応触媒の適用、iii) タングステンカーバイド



(WC) 系多電子還元反応触媒の創製、を実施する。

#### ①-4 光触媒材料の特性、物性評価法、高感度化因子の研究開発

防汚評価法の検討として、メチレンブルー等による簡易防汚評価法の特徴、問題点を解析し再現性、感度、精度等の限界について検討する。また、ガス分解特性評価法としてガスクロマトグラフによる特性評価システムを構築し感度、精度、等の適用限界を明らかにする。光触媒プロセスおよびその感度を左右する因子の一つに表面や界面における電子、ホール挙動があり、それらの状態解析方法を検討する。また、コーティング液調整法の検討のため、ナノ溶液コーティング法による光触媒薄膜の作製と特性評価を行い、真空中で作製した膜との比較検討を行う。更に、光触媒特性が表面元素の化学結合状態に強く依存することは良く知られているため、表面、界面の状態の解析手法を検討する。

#### ①-5 酸化チタンの結晶構造制御による高感度化光触媒の研究開発

ルチル型酸化チタンはアナターゼ型酸化チタンよりもバンドギャップが狭く光吸収では有利であり、微粒子化や結晶面を制御することで、高活性な光触媒を創製する。キャリアの移動を阻害する粒界の無い単結晶状で、反応活性の高い結晶面（例えば 110 面）が露出するようなルチル型酸化チタン粒子を創製する。また、前記ルチル型酸化チタン粒子をベースにアニオンをドーピングすることで高い可視光活性を有する光触媒を開発する。

#### ①-6 光触媒の評価方法の確立

本プロジェクトの目標の一つである光触媒機能の向上の目標値“可視光応答性 10 倍および紫外光活性 2 倍”に対して、その光触媒性能を評価する方法および評価基準を明確にする必要がある。そのため、本研究では（1）可視光応答型光触媒に焦点を絞り、その性能評価方法を確立する、（2）現在市販および開発されている可視光応答型光触媒について、その性能評価方法に基づいた光触媒性能を評価し比較検討する、（3）上記目標値に対する評価基準を明確にする、（4）本プロジェクトによって研究開発された新規光触媒についてその光触媒性能を評価し目標値に対する達成度を把握する、などの内容で研究開発を進めていく。上記光触媒性能評価方法の検討に関しては、「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事業」の活動に連動し、その標準化試験方法に基づいて性能評価方法を提案する。特に本プロジェクトの目的である光触媒の室内用途への展開に対して、VOC（ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン）に対する光触媒による分解・除去性能評価を本研究の対象として進めていく。

#### ①-7 ナノ構造制御による高感度化光触媒の研究開発

ナノチューブやナノワイヤ等の一次元形状の酸化チタンは、スムーズな電荷移動が期待できる。東京大学において、陽極酸化法によりアスペクト比を制御した高結晶な酸化チタンナノチューブを合成し、ナノ構造の制御による高感度化光触媒材料を開発する。また、酸化チタンナノチューブとナノ金属化合物の複合化による高感度ハイブリッド光触媒を開発する。酸化または、還元反応の助触媒機能を有する金属化合物ナノ粒子や光増感作用を有する金属酸化物や錯体分子を酸化チタンナノチューブの外壁あるいは内壁に位置選択的に担持して、電荷分離効率を極限まで上げたハイブリッド型光触媒ナノ粒子の開発を行う。一方、産業技術総合研究所では簡便な方法で大量合成が可能な水熱合成法によるチタネートナノチューブをベースに、結晶配向面を制御し、高活性な酸化チタン粒子を開発する。例えば、チタネートナノチューブに加熱処理、水熱処理等を施すことによって高活性な結晶面が露出しているアナターゼ型酸化チタンのナノロッドを創製する。また、チタネートナノチューブはナノシートがスクロールした構造で、シート間でのイオン交換能が高いため、ドーパントのホスト材料として好適である。こうしたナノ空間をもつ材料を用い、高ドーピング、高結晶化することによって可視光

活性の高い光触媒粒子を開発する。さらに合成媒体に水を用いる水系合成法を拡張して、有機溶媒の多様性が活用できるソルボサーマル法や超臨界流体を用いる材料合成法を新たに用い、高感度化光触媒材料を開発する。さらに、これらの合成手法を複数の光触媒材料の複合化やドープ型光触媒の高性能化にも適用する。

#### ①-8 抗ウイルス・抗菌性評価方法の確立

試験方法として毒性の低さなど取扱の簡便性に優れ、かつ、さまざまなウイルス種に対して代表して結果を出すことができるようなウイルス種の探索と評価法の検討を目的とした基礎的な実験データの蓄積を行い、試験方法の確立を進める。さらに、当該プロジェクトが目標として掲げる可視光応答型光触媒の開発状況と並行して、可視光領域における抗菌性能評価試験方法等についても提案する。

#### ①-9 知的財産の有効活用に関する指針作成

光触媒は住宅建材を中心とする市場、環境対応素材を必要とする多様な製品市場、安心・安全な環境を提供する医療関連市場、気体処理・水処理を中心とする環境改善装置市場等、多様な応用分野があるため、複数の大学・企業間が保有する知的財産の有効活用が重要となる。本研究開発で得られた成果のスムーズな技術移転を促進するため、研究実施過程における知的財産の管理と有効活用を行うため、専門の研究者ならびに研究補助員を配置し、これにあたる。

### ②光触媒基盤技術の研究開発

#### ②-1 高感度光触媒の大量合成技術開発

中間目標（昭和タイタニウム株式会社、三井化学株式会社）

- 集中研究室と協力して、ラボレベルにおける活性度評価において、現状と比較して紫外光活性1.3倍以上、あるいは、可視光活性3倍以上の光触媒材料を開発する。
- 量産化検討のターゲットとする材料を明らかにする。

集中研究室の最終目標「ラボレベルで、紫外光活性2倍、可視光活性10倍」の中間的目標値とした。原理原則が明らかになると共に、成果も加速されることを期待し、1/3程度の活性値を中間目標とした。

#### ○昭和タイタニウム株式会社

- 1) サイエンスの観点からも合理的で、なおかつ、部材開発の要求性能とリンクするような光触媒反応活性の評価方法を確立する。（その評価方法において、上記目標を満たす光触媒材料を開発する。）
- 2) 酸化チタンの結晶構造制御、粒子径制御について、量産化が可能な制御技術を検討し、それらと光触媒活性との相関性を明らかにする。
- 3) 酸化チタンの表面を酸化チタン以外の第二成分で修飾することによる膜厚、細孔制御、第二金属を酸化チタンの結晶構造中に入れ込む、又は表面に高分散させる時の光触媒活性との相関性を明らかにし、これら技術の量産化に適した手法を検討する。
- 4) 可視光活性向上の為のいくつかの手法の中で、もっとも量産化に適しており、かつ、効果的な手法を明確化する。

#### ○三井化学株式会社

- 1) 可視光型光触媒の高活性化について検討を行うため、アセトアルデヒドを用いる可視光分解活性評価法の確立を行う。

2) 平成19年度の集中研究室の成果である  $\text{Cu}^{2+}$ 担持／ルチル型  $\text{TiO}_2$  可視光型光触媒の知見を基に、 $\text{Cu}^{2+}$ 担持／ルチル型  $\text{TiO}_2$  触媒のさらなる高活性化のための検討を行う。具体的には、触媒物性が光触媒活性に与える因子を把握し、触媒性能の基盤となるデータを取得する目的で、結晶子径を変えたルチル型  $\text{TiO}_2$  に  $\text{Cu}^{2+}$ を担持した触媒を調製し、結晶子径と可視光分解活性の関係について検討を行い、 $\text{TiO}_2$ 結晶子径と可視光分解活性の関係を明らかにする。

3)  $\text{Cu}^{2+}$ 担持／ルチル型  $\text{TiO}_2$  において、伝導帯位置が低い第2成分を添加する事でバンドギャップを狭め、可視光吸収能の増大によるさらなる高活性化が可能ではないかと考え、第2成分として Sn を添加したルチル型  $\text{TiO}_2$  に  $\text{Cu}^{2+}$ を担持した触媒を調製し、可視光分解活性評価を行う。

## ②-2 製造プロセスに関する検討

### ○日本板硝子株式会社

#### 1) ゴルゲル方式の革新

光触媒製品製造の基盤技術として、ゴルゲル成膜プロセスの抜本的改善・コストダウンを行う。ゴルゲル法によるガラス基板へのスプレー成膜は、セルフクリーニングガラスの製造に広く用いられている。

このプロセスの成否、あるいは製品の性能・品質は、工場内の温度・湿度など季節要因の影響を強く受けるが、定量的には把握されていないため、現状では現場作業員のノウハウや勘に頼る部分が大きく、また所定の性能を担保するために焼成温度を高め設定し、生産速度を犠牲にしている。

本プロジェクトにおいては、製造ライン各所に、ガラス温度、雰囲気温度・湿度等の計測装置を設けてデータを収集し、製品の防汚性能・耐久性能との相関を求める。防汚性能は親水化試験等、耐久性能は耐薬品試験、Xeウェザー試験などで評価する。結果として、セルフクリーニングガラスの耐久性を向上し、同時にプロセス温度低下によって20%以上の生産性向上を行う。

#### 2) スパッタ方式の革新

光触媒製品製造の基盤技術として、スパッタ成膜プロセスの抜本的改善・コストダウンを行う。スパッタ法の光触媒セルフクリーニングガラスへの利用は2004年に始まったが、その成膜速度は他の熱線反射膜等よりも遅く、コストダウンの妨げとなっている。本プロジェクトでは、種々プロセス条件の見直しを行い、20%以上の生産性向上を行う。

### ○三菱樹脂株式会社（平成19年度～平成21年度）

光触媒膜を積層した金属樹脂複合板を市場に展開していくためには、生産速度の飛躍的向上が不可欠である。普及の障害となっている価格については、インラインプロセスの確立が低価格化への最大の決め手となる。また商品としての信頼性の観点からは、大面積に均一な積層がされている保証として、膜厚測定方法の確立が重要である。

これらのことから、以下の内容を中間目標として検討を行う。

#### 1) 大面積光触媒積層法として、インラインプロセスの適合性の確認（紫外光型・可視光型）

インラインプロセスとは、従来のスプレー法（オフライン塗工）に対して、金属樹脂複合板の製造ラインに光触媒積層プロセスを付加することを言う。当該プロジェクトの成果材料について、塗布液化を含めてプロセスの適合性を確認する。

#### 2) プロセスの短縮化として、フィルムの同時2層塗布の可能性の見極め

金属樹脂複合板の表面は有機系塗膜であり、光触媒を積層するにはこの有機系塗膜に対して保護・接着の機能を持った中間層の形成が必須である。従来の逐次2層塗布法から同時2層塗布法を開発することでプロセスの短縮化を図る。

### 3) 大面積光触媒積層膜厚のインラインモニター化の確立

光触媒膜は中間層も含めて薄膜が大面積部材に積層されており、例えばディスプレイ関連（有機EL等）でもそのまま応用できる測定法がない。本プロセスに適合した測定法の検討を行う。

最終目標は以下の通りである。

- 従来法と比較して、10倍の生産速度の積層法を確立する。
- 光触媒積層の平均価格を、従来法の1/5とする。

## ③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

### ○パナソニック株式会社

#### 1) 超撥水膜の性能向上検討と光触媒の複合化設計

住宅内装用の壁材等への適用を主たるターゲットとして、撥水性と可視光型光触媒活性を複合化させたコーティング材の開発を目標として、以下のような検討を行う。

- (i) 新規可視光型光触媒の分散安定化の検討
- (ii) ベースとなる撥水樹脂の選定とコーティング化検討
- (iii) 可視光応答型光触媒との複合化検討

#### 2) 高性能可視光型光触媒の組成・構造提案とスクリーニング

開発項目1)に適用する可視光応答型光触媒の選定と、本プロジェクトにおける開発促進のためのフィードバックを目標とし、以下のような検討を行う。

- (i) 新規可視光型光触媒のスクリーニング
- (ii) 用途、分解対象、ロケーション別の最適な光触媒選定のためのスクリーニング
- (iii) 新規可視光型光触媒の組成・構造提案

#### 3) 現行光触媒のシステム設計による効果検証

現行の光触媒を有効利用するために、現状レベルの把握、より高い性能を発現させるシステム設計のための知見集積、光触媒部材目標値の設定、システム利用時の効果検証を目標として、以下のような検討を行う。

- (i) 実証住宅の建築と室内の基礎データ集積
- (ii) 実証住宅による空気質改善効果の確認

#### 4) 評価方法の確立

JISに準拠した評価方法の確立と、空間としての評価基準を提案することを目標として、以下のような検討を行う。

- (i) JISに基づいた試験方法の確立
- (ii) 空間としての評価基準の検討ツールとしての光触媒効果予測シミュレーションの構築

### ○TOTO株式会社

高感度光触媒コート材及び成膜方法を開発し、屋内用途、水周り空間部材、微弱光下屋外用途への応用・実用化を進める。本プロジェクトで開発される高活性光触媒を用いて、光触媒機能性膜・光触媒機能性部材としての活性向上を目指した。

既存光触媒を利用し各種光触媒性能の評価方法を設定・立案し、適切な光触媒性能を有する高機能

コート材・部材の開発に向けた評価環境を整備した。部材としての性能向上のために、塗膜構成成分や構造の検討を進め塗膜の高活性化を進めた。高活性化による分解活性と合わせ屋内でのセルフクリーニング性能が飛躍的に向上すると考えられる。集中研成果物他の可視光光触媒を用いたコート材を開発し、機能評価を進めた。高活性化と共に屋内の光環境での親水化についても検討した。

また、部材への加工について検討を進め、加工方法や個々の部材に適した加工条件・コート材条件の検討を進めた。

以上の他、コート材の効果的な適用先の探索を行い、部材への応用検討を進めた。

#### 中間目標

◇紫外型光触媒による防汚性効果検証

◇屋内環境想定した防汚性評価方法の確立

◇各々以下の目標に向け、可視光型光触媒を用いた塗膜の開発と防汚性及び空気浄化の性能向上を図る。

・空気浄化（数値目標）：

照度150LxでHCHO分解速度 $30 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 以上（流通法）

※光触媒利用高機能住宅部材プロジェクト目標値の3倍

・水周り空間の防汚：実空間応用へ向けた課題の明確化

◇部材化による光触媒性能低下を最小に留めるプロセス・加工方法の確立

#### ○日本板硝子株式会社

##### 1) 現行UV型品の性能評価

可視光型光触媒を利用した内装用途でも使用可能な抗菌・VOC分解ガラスの開発を目的としているが、それに先立って外装セルフクリーニング用途に使用されているUV型品の抗菌・VOC分解性能を評価する。評価方法は、外部研究機関に外注する抗菌試験、社内でのアセトアルデヒドガスなどの分解活性測定、東京大学先端科学技術研究センター内に本プロジェクトの一環として建設される実験住宅での測定などによって行う。これらの結果は、実環境における光強度データとともに、今後本プロジェクトで開発される可視光型光触媒を使用した商品の仕様設計を行う上での基礎データとなる。

##### 2) 可視光性能の評価

本プロジェクトで開発された可視光型光触媒を使用した試作品の性能評価を行う。試作は、実験室でスプレーコートなどの方法で行い、評価は前項の現行UV型品と同じ方法で行う。この結果により、内装用途に必要な光触媒活性値を明らかにし、ガラス表面にコートすべき膜厚み等の仕様設計を行う。

#### ○三菱樹脂株式会社（平成19年度～平成21年度）

建築用内装材料として、実際の室内空間においても効果が実感できる光触媒活性の向上が求められている。本開発では、内装材料として高活性を有する金属樹脂複合板開発の工業化について見極めを行うことを目標に検討を行う。この技術は建築用外装材料にも応用して、光量の弱い施工場所への展開拡大が図れると考えられる。

金属樹脂複合板に光触媒膜を積層する方法として、従来はスプレー法（オフライン塗工）を行っていた。これに対して、生産速度を飛躍的に向上させたインラインプロセスを開発し、このプロセスをベースとして高感度光触媒を積層した金属樹脂複合板の開発を行う。

当該プロセスの特徴として、高活性化のために光触媒膜の構造を設計する自由度がある。目標として、可視光応答型光触媒の内装用途での制約である微弱な光を有効に活用する事において検討する。

検討の手法としては

- (1) 光触媒膜への散乱粒子の導入効果の検討  
光触媒膜中の光線光路長が長くなり、より多くの光（励起光）の吸収が期待できる。
- (2) 光触媒膜の表面形状の検討  
光触媒膜の表面に微細な凹凸を形成し、かつ金属樹脂複合板の表面形状も利用して光閉じ込め効果により、光を有効に活用する。
- (3) 光触媒膜の断面形状の検討  
光触媒膜の断面方向に細孔を形成し、活性点を増加することにより光を有効に活用する。
- (4) 上記検討結果を基に、当該プロジェクトの成果材料を使用して適合性及び最適化を行う。

検討は、先ずシミュレーションを行い、その結果に基づき検証試験を行う手法で検討を進める。

検証試験には、光触媒材料は入手可能な可視光応答型光触媒の中から最も活性の高いものを使用する。評価は VOC 低減の測定で行い、検討の過程で提供された当該プロジェクトの成果材料についての比較も行う。

#### ○株式会社積水樹脂技術研究所

「高感度可視光応答型光触媒」を用いた「室内浄化内装建材」を開発し、親会社である積水樹脂(株)の「建材」および、連結対象関連会社である積水樹脂プラメタル(株)の「内装用建材」による製造販売を通じて、快適で住み良い環境づくりに貢献することを目的としている。

室内の空気環境を浄化できる建材の開発を目標に、有害ガスの吸着機能とプロジェクト成果である高感度可視光応答型光触媒の分解機能を組合せた内装建材用塗膜の検討をはじめとする下記項目について検討を実施した。

##### 1)内装部材の開発

###### ①製品企画；

株式会社積水樹脂技術研究所の内装部材は様々な場所に使用されており、その中から高感度可視光応答型光触媒素材が有効な仕様を選定するため、使用シーンの想定、対象物質・使用環境(光源種類,照度など)を設定し、部材の要求性能レベルを設定する。

##### 2)コート液開発

###### ①現行品の性能把握

ラボ評価装置を導入し、現行品の性能を把握して塗膜設計の際の基準とする。

###### ②塗膜設計・開発

株式会社積水樹脂技術研究所が保有する塗膜配合技術・素材改質技術・保護材加工技術をベースに塗膜開発に取り組む。

塗料中での機能部材(吸着助剤ほか)・光触媒等の効率化を目的に分散性向上を図り、コート液や塗膜の諸物性(粒度分布・比表面積など)との関係も確認する。

###### ③吸着性能付与・分解性能付与

対象物質を吸着するための吸着剤などについて、既存の光触媒(可視光型)を用いて吸着剤の選定・最適化を進め、目処を得る。また、高感度可視光応答型光触媒について、分解性能を損なわないための溶液化の検討を実施する。

##### 3)評価技術確立

#### ①ラボ評価装置導入

現状の標準化委員会など種々検討されている評価方法を調査し、ラボ評価装置を導入する。

#### ②簡易実験室導入

小スケールの実験を効率よくおこなうため、ラボ評価装置と実証実験の中間的位置づけの簡易実験室について有効性を検証し、導入を検討する。

### ④ 酸化チタンの新機能創出

(国立大学法人東京大学、財団法人神奈川科学技術アカデミー)

#### ④-1 親水-撥水変換技術の研究開発

酸化チタン表面は多くの酸化物と同様に元々親水性であり、光照射による超親水性を利用した様々な用途が提案されているが、親水-撥水を任意に変換する技術が創成できれば新たな用途展開が期待できる。ここでは、酸化チタン表面の微構造制御、表面化学修飾、他物質との複合化により撥水性表面をもつ酸化チタンを開発し、外場や光照射等による親水-撥水変換技術を確立する。また、こうした機能を有する酸化チタン膜の防汚性、撥油性、透明性等の特性を把握し、用途展開の可能性を検証する。さらに、親水・撥水のパターンを作製して水滴除去を意図的に誘導し、実用に供することのできる高度な水滴除去性を酸化チタン光触媒表面に付与する技術を確立する。

#### ④-2 エネルギー貯蔵型光触媒の研究開発

光触媒をエネルギー貯蔵材料と組み合わせ、光照射が得られない夜間などにおいて、蓄積したエネルギーにより光触媒の機能の一部を持続させる。光触媒が光照射下で示す酸化エネルギーまたは還元エネルギーのうち、余剰分をエネルギー貯蔵材料に蓄積し、光照射が得られない期間に、蓄積したエネルギーにより光触媒の機能の一部を持続させる。エネルギー貯蔵材料としては、二次電池の活物質に使うものと同じ、または類似した金属酸化物（酸化タングステンや酸化ニッケルなど）などが適すると考えられる。

#### ④-3 強磁性をもつ酸化チタンの研究開発

酸化チタン  $Ti_2O_3$  をナノ微粒子化および金属置換することにより、強磁性を備えた酸化チタンを作製する。 $Ti_2O_3$  は金属-絶縁体転移を示すことが知られているので、強磁性と共存させることにより、金属領域では磁気抵抗効果、絶縁体領域では磁気-電気効果を検討し、磁気抵抗材料および磁気キャパシタンス材料などの付加価値の高い物性を備えた酸化チタンを創製することを目的として研究を行う。加えて、 $Ti_2O_3$  は赤外線吸収が期待されるので、可視光・赤外線吸収による光誘起磁化および光誘起金属-絶縁体スイッチング現象の検討を行い新規光機能性電子材料としての可能性を検討する。

#### ④-4 酸化チタン光触媒を用いた撥水性表面の新機能開発

酸化チタン光触媒と撥水性表面を組み合わせることにより、相補的に互いの機能を向上させ、新たな機能表面の創成を目的とする。材料だけでなくシステムの創成を目指す。具体的には、耐久性に優れた構造を具備した酸化チタン添加超撥水の作製、親水部と疎水部とを組み合わせることで効率的な冷却システムの開発、光による表面摩擦力制御、ラインパターニングや外場の組み合わせによる効果的な着雪防止表面の開発などが研究開発項目としてあげられる。

## ⑤光触媒新産業分野開拓

### ⑤-1 VOC等の除去システムの構築

#### ○株式会社ホクエイ（平成19年度～平成22年度）

10面体酸化チタンなどの採用により、排トルエン濃度30ppmを処理する装置のさらなる高活性化を目指し、具体的には25.8m<sup>3</sup>気密室での現在の最高活性値4ppm/hである2009年12月に発表した六角筒288W型より1.4倍の活性値5.6ppm/hとなる性能を得ることを研究開発の目標とする。

#### ○盛和工業株式会社

##### 1) VOC（揮発性有機化合物）の分解除去

既存の除去技術では大量のエネルギーを用いたもので、CO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>を大量に発生するものが主流であり、光触媒はそれらに代わる低エネルギーでクリーンな技術と期待されている。その中で取り組む除去対象は下記となる。

- (1) 事業所内（工場、研究室、病院等）や施設で使用しているもので人体に有害なもの
- (2) 事業所内（工場、倉庫など）で発生するもので、生産性や寿命を落とすもの
- (3) 家庭など一般生活で発生するVOCの除去（化学物質過敏症等の原因物質）

（中間目標）

- ① 中濃度VOC除去としてはTVOCで100ppm（トルエン換算）を99%除去、消費電力：1Kw/h以下
- ② 低濃度～超低濃度VOCの除去としてはTVOCで1ppm（トルエン換算）を1ppbまで除去、消費電力：1Kw/h以下

##### 2) 除菌（殺菌・滅菌）

細菌・ウイルスについては未知のものや薬品耐性をもつものなどが発生しており昨今早急に対策しなければいけない状況である。

特に鳥インフルエンザウイルスについては流行した場合、かなりの死者も予測されており、政府をはじめ各自自治体単位でも感染症対策（予防、発症後の隔離、治療）に力を入れ始めており新たな法律も施行される状況である。

既存の技術としてはHEPAフィルターをはじめとする高性能フィルターで物理的に細菌・ウイルスを濾過する方法が主流であるが、フィルター上に細菌・ウイルスが残存しそれらに接触することによる二次感染が心配される。光触媒技術であれば細菌は分解され、ウイルスは不活化されることから紫外線をフィルター上に適切に照射することにより二次感染は防止できる。またフィルターは再生が可能であり使用後廃棄が必要な高性能フィルターに対してランニングコストで優位に立つことが可能である。

本開発の対象としては感染ルートとされるもののうち

- (1) 空気感染
- (2) 飛沫感染〔飛沫核感染〕を主としてKASTの協力・指導を仰ぎ行う。
- (3) 接触感染については可視光塗料などの塗布により、総合的な清浄化を目指す。

（中間目標）

装置としての除菌能力として、空気中の細菌を99.999%以上除去、ウイルスを99.99%以上除去



### 3) PFC ガス (温室効果ガスの分解除去) (22年度計画の見直しで中止)

半導体製造工程、液晶製造工程 (CVD 用クリーンガス、エッチングガス、アッシャー用ガス) で発生する PFC (パーフルオロカーボン: フッ素化合物の総称) ガスを光触媒で分解する装置の開発。代表的な PFC とは  $CF_4$ ,  $C_3F_8$ ,  $C_2F_6$ ,  $SF_6$ ,  $NF_3$ ,  $CHF_3$ ,  $C_4F_8$ ,  $C_5F_8$  および  $CO$  を指す。

PFC ガスが地球温暖化の一要因とされており、その温暖化係数は  $CF_4$  で  $CO_2$  の 6,500 倍、 $SF_6$  は 23,900 倍あり排出規制は更に厳しくなる方向に進むと考えられている。PFC ガスの処理方法は様々あるが、回収・再利用については技術的に困難なことや高コストのため、分解除去するのが主流となっている。ただし大量のエネルギーを消費し、また  $CO_2$ 、 $NO_x$  を副生成する問題がある。

本開発では光触媒を用いて省エネルギーで安全性の高い PFC 除去装置の開発を行う。

#### (中間目標)

PFC ガスに対する装置自体 (光触媒+ハイブリッドも含めて) の除去率 60%以上、消費電力 4kW/h 以下

## ⑤-2 光触媒による土壌浄化システムの開発

(国立大学法人東京大学)

### 1) 高活性光触媒シートの開発

VOC の吸着・分解にすぐれた光触媒材料を実際の VOC 汚染現場 (工場や土壌汚染現場) で利用できるようにするための材料製造に関する開発を行う。光誘起分解反応においては、光が照射される面積が大きいことと反応に関与できる光触媒材料の絶対量が多いことが分解活性を十分に得るために必要なことである。そこで、建築材料などに光触媒をコーティングするのではなく、作製した光触媒粉体そのままをシート状材料にすることで、光照射面と反応できる光触媒量の確保を意図し、VOC で汚染された空気は通過できるが光触媒粉体は保持できる不織布と紫外光を透過できるフィルムの間隙に粉体を入れた材料を製造する。この材料を実際の製造ラインで作るために、混合した粉体の流動性が均一となるような光触媒と吸着剤の粉体混合の方法を検討する。また、紫外光を透過し、低コストでかつ耐久性のあるフィルムの探索についても検討を行う。さらに、製造した材料を用いて実際の VOC 汚染現場で浄化実験を行い、材料評価からの改良を行う。また、 $TiO_2$  シラスバルーン等を適用した消臭効果の検討も併せて行う。

### 2) VOC の吸着分解に優れた光触媒材料の開発

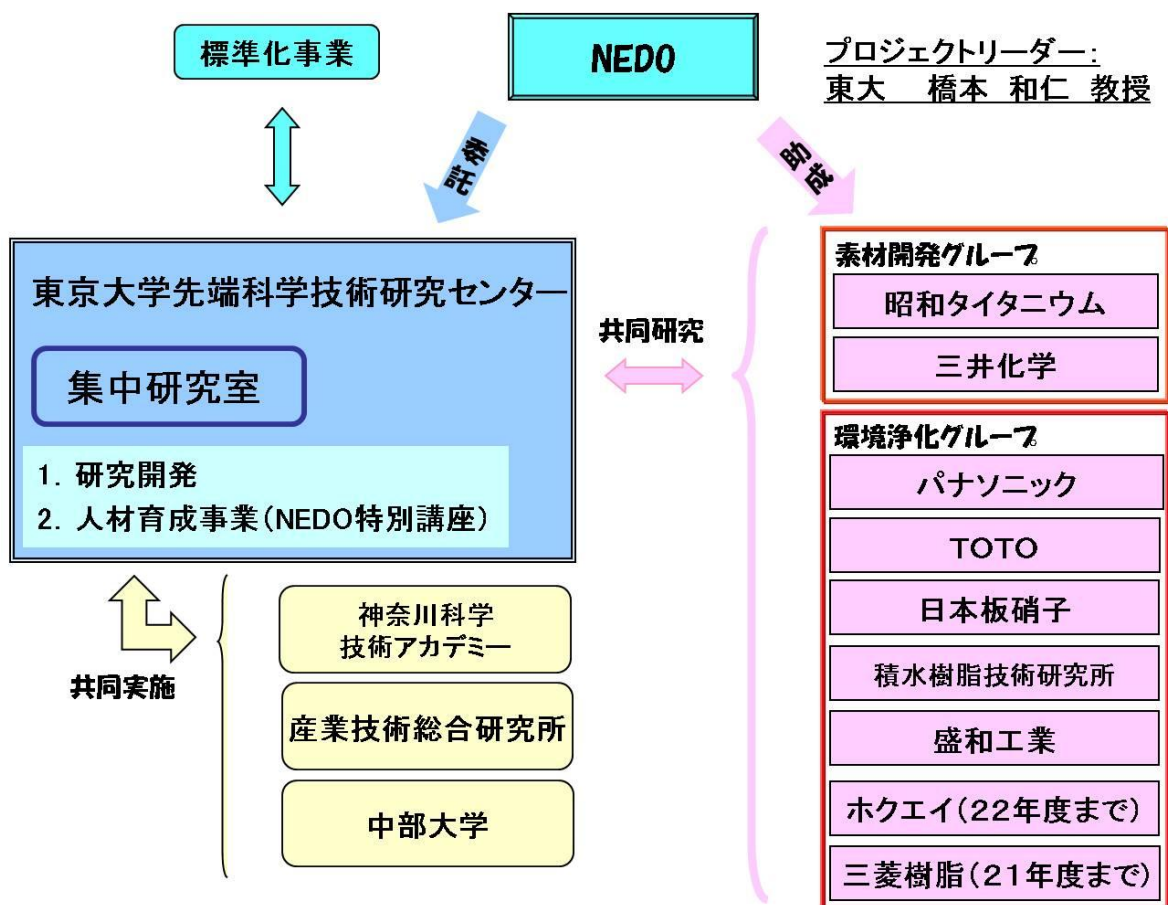
VOC (特に、トリクロロエチレンやテトラクロロエチレンやベンゼン) の吸着にすぐれ、紫外光による分解活性にすぐれた光触媒材料の開発を行う。トリクロロエチレンなどの揮発性有機塩素化合物を酸化チタン光触媒のみで分解すると、有害な中間体が生成することが知られている。また、吸着力の強さと光触媒分解活性にはある種の相関があることも観察されている。そこで、生成する中間体を放出することなく、最大の光触媒分解活性が得られる光触媒材料の組成を検討し、材料を作製する。

## ⑤-3 ウィルス不活性化システムの実空間における実証実験

(国立大学法人東京大学、財団法人神奈川科学技術アカデミー)

高性能化光触媒材料を適用した空気清浄機を空港等人の出入りの多い現場に設置し、一般雑菌に対する殺菌効果を実際の生活空間にて検証する。併せて別途ラボレベルにて細菌、ウィルス、バクテリオファージに対する抗菌・抗ウィルス性評価を実施し、その相関を検討することにより高性能化光触媒の抗菌・抗ウィルス性能を実証する。また、医療施設等で可視光応答型光触媒を用いた内装材・空気清浄機で実証実験を行い、一般雑菌に対する殺菌効果を実際の生活空間にて検証する。

## 2. 2 研究開発の実施体制



図Ⅱ-2 プロジェクト実施体制図

研究開発と並行して可視光型光触媒機能の評価方法の標準化活動（JIS化・ISO化）も行い、光触媒製品の信頼性向上にも努める。

## 2. 3 研究開発の運営管理

### 1) 集中研究室の設置

集中研究室の体制を取り、研究者、技術者の相互の交流を活発化する。集中研究室体制は、研究投資（経費と人材）の集中化、他企業の商品への転用可能性、優れた技術の拡大といったシナジー効果を期待できる。

### 2) 定例討論会

2週間に1回程度、プロジェクト実施者が一堂に会する定例討論会で進捗などを報告し合い、成果や問題点の共有化、実施者間交流の活発化を促すことで、材料開発から製品開発まで一体となってプロジェクトを推進する。さらに、マーケティング担当メンバーまでプロジェクトに参画することで、将来の市場をにらんだ事業化を目指す。

### 3) 技術推進委員会

- ① 全体認識の統一とプロジェクトの方向性の指導
- ② 個々の事業の方向性指導、進捗確認
- ③ 成果確認とその進捗状況に応じた次年度予算配分、方針指導

上記3点の指導を受けることを目的として、年に2回、有識者からなる技術推進委員会（委員長：井上 晴夫 首都大学東京教授）を設け、そこで得られた助言等をもとに、事業全体の運営の効率的、効果的推進を図る。

表Ⅱ-1「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」技術推進委員会委員

|     | 氏名    | 所属・役職                                |
|-----|-------|--------------------------------------|
| 委員長 | 井上 晴夫 | 首都大学東京<br>戦略研究センター 教授                |
| 委員  | 工藤 昭彦 | 東京理科大学<br>理学部応用化学科 教授                |
| 委員  | 指宿 堯嗣 | (社)産業環境管理協会 常務理事                     |
| 委員  | 安宅 龍明 | (社)ナノテクノロジービジネス推進協議会<br>企画運営推進会議 副議長 |
| 委員  | 青木 修三 | 環境経営学会 理事                            |
| 委員  | 能村 卓  | 太陽工業(株) 取締役                          |

## 2. 4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

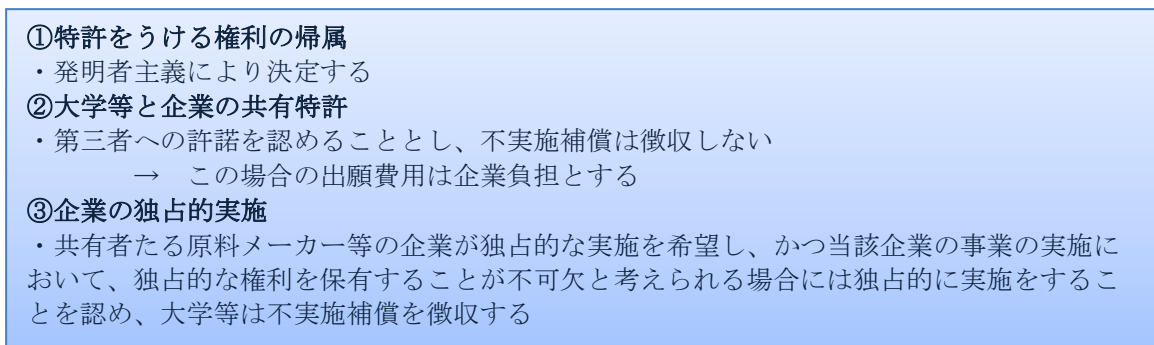
### 1) 実用化につなげる戦略

委託先である東大および共同実施先のアカデミアによる研究成果を助成先各企業による多様な製品開発に迅速に展開する、という産学連携効果を最大限に発揮するために、集中研究室を東京大学に設け、これに助成先各企業が共同研究を通じて参画するという仕組みを作り、実用化につなげる戦略の柱とした。

また、技術開発と平行して、ISO等の規格制定や製品認証等に向けた国際的な標準化活動を通じた光触媒製品の効果の客観化により、「まがいもの」の排除に資する市場環境の整備を進めた。

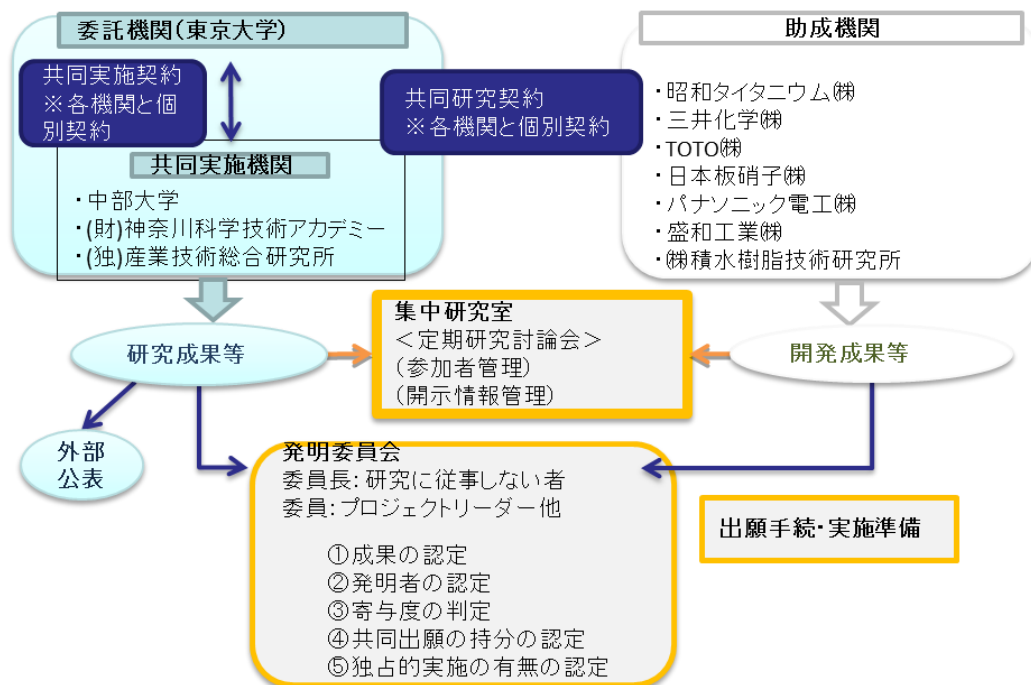
## 2) 実用化につなげる知財マネジメント

本プロジェクトでは、「知的財産管理指針の策定」を研究開発項目①-9に掲げ、図Ⅱ-3に示す知財ポリシーをプロジェクトメンバー相互の確認のもとに策定し、知的財産取扱規則、発明委員会規則を含む、「情報管理及び知的財産等に関する契約」を締結し、知的財産権の管理・運営を行った。また、東大は別途各機関ごとに共同研究実施契約を締結し、その他、1) プロジェクト内での実施許諾（各機関が保有する単独又は共有の知的財産権を第三者より不利にならない条件で実施可能）、2) 大学等による研究成果の公表等（関係機関へ事前通知後、許諾のあったものを公表）についても規定を策定し、情報管理を実施した。



図Ⅱ-3 知財ポリシー

さらに、図Ⅱ-4に示すように発明委員会を設置し、プロジェクト内で発生した特許に関しては、①成果の認定、②発明者の認定、③寄与度の判定、④共同出願の持ち分の認定、⑤独占実施の有無につき審議の上出願手続き・実施準備を進めるシステムを整備した。



図Ⅱ-4 知財マネジメント体制図

### 3. 情勢変化への対応

#### (1) 加速財源投入

可視光型光触媒の高感度化のために、界面電荷移動と多電子還元反応が有効であることを見出した。界面電荷移動を多電子還元反応に寄与する金属（銅、鉄など）を用いて、さらなる高感度化に向けた設計指針を立てるため、下記の機械装置を加速的に導入した。

##### ① 高精度微弱電流電気化学測定評価装置

Cu イオン等多電子還元反応触媒の酸化チタン表面への最適な担持方法、担持状態を見出した。

##### ② 多段階光励起装置

表面金属イオンへの電子移動効率の波長依存性を把握した。

##### ③ マニピュレーションシステム

酸化チタン母体粒径の最適なサイズの知見が得られた。

##### ④ 光触媒材料評価装置

TiO<sub>2</sub> ベースの可視光応答材料の評価が加速された。

その他、下記機械装置も追加的に導入した。

##### ⑤ 光触媒クリーニングチャンバー装置

表面付着汚れの影響を排除し、既設の XPS 装置と併用することにより、光誘起親水化の発現機構を解明した。

##### ⑥ エアロゾル発生器

エアロゾル中のウイルスという実環境に近い形でウイルスを発生させ、そのウイルスに対する抗ウイルス効果を評価するための評価方法の確立を前倒しで始めた。

##### ⑦ X線回折装置ツール

現状の解析ツールでは詳細な解析が不可能であったが、本ツールを導入することにより、最適な組成材料を迅速に見出すことが可能となった。

##### ⑧ 顕微紫外可視近赤外分光光度計

本測定器の導入により光物性データの取得による光記録媒体としての機能性評価が可能となり、実用化の加速につながった。

##### ⑨ 雰囲気加熱式プレス装置

本装置を導入することにより、Ti<sup>3+</sup>を含む酸化チタンの焼成プロセスと表面平滑化プロセスの一体化およびプロセスの低温化（1200℃→600℃）が実現し、コスト削減につながった。

##### ⑩ 高速冷却遠心機

現状の設備では十分に分離できていない各粒径毎の酸化チタン結晶の分離を行い、今まで以上に優れたスペックを有した結晶を見出すことが可能となる。

##### ⑪ デジタルマイクロスコープ

水滴と基板の界面の様子を、任意の基板角度を設定して測定することが可能であるとともに、高倍率かつ 15fps (Frame per second : 1 秒間に表示する画像の枚数) 以上の画像取り込み速度でデジタルデータとして撮影記録が可能となった。

##### ⑫ スピンコーター

各種薄膜作製に必要な装置であり、現在所持している装置が経年劣化し低機能であるため、これを導入することにより精密でスピーディーな滑水薄膜作製が可能となった。

##### ⑬ 病院実証試験の期間延長

22年度補正予算により病院での実証試験を行っていたが、湿度により常在菌等の活性が違うことが分かり、24年8月31日まで期間の延長を行い、貴重な実証データの収集に努めた。

## (2) 補正予算投入

- ① 近年毎年のように感染症の発生が起こっており、新型インフルエンザにおけるパンデミック（感染症の大流行）への不安が大きくなっている。2009年6月、パンデミックアラート期はフェーズ5<sup>\*1</sup>からパンデミックフェーズであるフェーズ6<sup>\*2</sup>に引き上げられた。感染経路には、飛沫感染、接触感染及び空気感染がある。これらの感染経路の内、飛沫感染及び接触感染の防止には、マスク、うがい、手洗い等が重要であり、空気感染の防止には、人の集まる空間における空気浄化が重要である。

空気浄化については、光触媒技術が期待されている。光触媒の細菌除去への有効性に関しては実空間で確認され始めているが、光触媒のウイルス除去への有効性に関しては、実験室レベルでウイルスの不活性化を確認している程度で、実空間での確認はまだ不十分である。そこで、2009年度補正予算を投入し、実空間における光触媒を用いたウイルス対策の有効性について検証を始める。

\*1 ヒト-ヒト感染拡大がある

\*2 急速で広範囲にヒト-ヒト感染拡大がある

- ② 2010年度補正予算を投入し、大きな社会不安を持たず医療施設等の院内感染の細菌・ウイルスからの脅威を低減し、光触媒により細菌・ウイルスを不活性化する技術及びVOC低減技術を実証する。

### ②-1 医療施設等の実環境における細菌・ウイルス不活性化効果の実証及びVOC低減効果の実証

- ・コーティング、フィルム、加工部材等による病院の建材・施設表面への光触媒施工による接触感染リスク低減、院内感染等に向けた実証検証
- ・空気清浄機の設置、空調機改造等による空気感染リスク低減、院内感染等に向けた実証検討
- ・各種菌・ウイルスの実証実験評価の共通ラボをKASTに設置

### ②-2 感染リスクの定量化（感染経路のモデル化、シミュレーション等）

- ・接触感染の解析
- ・飛沫・空気感染の解析
- ・感染リスク定量モデル構築
- ・光触媒のリスク低減定量化

### ②-3 新規可視光応答型光触媒の安全性評価

- ・経口毒性（急性毒性）試験
- ・皮膚刺激性試験・皮膚感作性試験
- ・変異原性試験（Ames試験）
- ・反復毒性試験

## 4. 中間評価結果への対応

### 4.1 評価結果の概要

中間評価においては、的確な戦略目標を設定し、大学の有するシーズと企業の有する実用化力をうまく融合した研究開発がなされてきている点、当初の中間目標値を大きく上回る成果が得られている点等本プロジェクトの基本的なスタンスが評価された上で、主なものとして、次のような事項の検討等が望まれた（中間評価書1．総論1）総合評価）。

- ・最終目標の達成に向けては未だ解決すべき課題があり、これまで以上の取り組み強化を期待。
- ・数値的な目標提示が希薄な研究開発項目もあり、客観的に評価しやすい目標設定が望ましい。

- ・ 今後は、実用化に当たっては、可能な限り競合する技術と性能・コストなどを比較した情報を積極的に明らかにする必要がある。また、現段階で内装材として要求される性能の重み付けについて整理しておくことが望ましい。
- ・ 他の技術との複合化、材料の耐久性、健康面への影響などについても検討していく必要がある。
- ・ 技術成果の第三者への供与の実現のためのシステム構築を期待したい。
- ・ プロジェクト運営の弾力性を高めるために、更に外部の意見を取り入れる機会を増やしていく。

#### 4. 2 対応の概要

前項の指摘事項にはそれぞれ概ね次のような対応を行った。

- ・ 最終目標の達成に向けては未だ解決すべき課題があり、これまで以上の取り組み強化を期待。  
→酸化チタンをベースにした可視光応答化の開発方針を明文化する等、プロジェクトの方針を再確認すると共に、最終目標の達成に向けて、効率的かつ着実にプロジェクトを推進した（平成 22 年度実施方針へ反映）。
- ・ 数値的な目標提示が希薄な研究開発項目もあり、客観的に評価しやすい目標設定が望ましい。  
→多くの研究課題では既に数値目標を設定していたが、内装部材の製品化等数値的な目標提示が希薄な研究課題についても、数値目標等、客観的に評価しやすい目標を設定し目標を達成した。（平成22年実施計画書へ反映）
- ・ 実用化に当たっては、可能な限り競合する技術と性能・コストなどを比較した情報を積極的に明らかにする必要がある。また、現段階で内装材として要求される性能の重み付けについて整理しておくことが望ましい。  
→可能な限り競合する技術と性能・コストなどは比較していたが、実用化の際にはプレスリリース等で情報を提供していくこととした（2012年10月11日記者会見実施、2012年10月25日成果報告会開催。）内装材の性能については、VOC ガス分解性及び抗ウイルス性等を評価していたが、商品化の際の重み付けについては、商品化する製品の用途に応じて、たとえば抗ウイルス性が求められる製品については、JIS に準拠した評価方法だけでなく、より実空間に近いウイルスエアロゾルを対象にした評価も併用するなどを検討した。
- ・ 今後は、他の技術との複合化、材料の耐久性、健康面への影響などについても検討していく必要がある。  
→他の技術との複合化、材料の耐久性については、光触媒と吸着剤を組み合わせる等プロジェクト内で検討した。また、新規可視光応答型光触媒の安全性評価として経口毒性（急性毒性）試験、皮膚刺激性試験・皮膚感作性試験、変異原性試験（Ames 試験）、反復毒性試験等を実施した（P. II-19、P. III-2-①-13：表 III-2-①-4）。ナノ粒子としての酸化チタンの安全性評価については、別プロジェクト「ナノ粒子特性評価手法の研究開発（平成 22 年度終了）」にて検証された。
- ・ 技術成果の第三者への供与の実現のためのシステム構築を期待したい。  
→まずは着実に研究の成果を求め、次の段階として技術成果の第三者への供与のシステム構築も考慮することとした。Cu/WO<sub>3</sub>については、プロジェクト終了後、自由に第三者へ供与することを参画企業で承認しているため、本製品のサンプルワークを行っていき、適用製品の拡大に努めていく事としている。
- ・ プロジェクト運営の弾力性を高めるために、更に外部の意見を取り入れる機会を増やしていく。  
→展示会（国際光触媒展、エコプロダクツ展等）、学会等に積極的に参加し、広く外部の意見を取り入れる機会を設けた。

#### 4. 3 指摘事項と対応の詳細

中間評価書の各論におけるものも含めた各指摘事項への対応状況を纏めると次の表のとおりである。

| 問題点・改善すべき指摘点   | 対応状況  |
|--|---|
| <p>【1】 ここまでは順調に進捗してきたが、最終目標の達成に向けては、酸化チタンの紫外光応答の2倍化、酸化チタンをベースにした可視光応答10倍化、それらの低コストでのコーティング技術など解決すべき多くの課題があり、これまで以上の取り組みの強化を期待したい。</p>                                    | <p>酸化チタンをベースにした可視光応答化の開発方針を明文化する等、プロジェクトの方針を再確認すると共に、最終目標の達成に向けて、効率的かつ着実にプロジェクトを推進した（平成22年度実施方針へ反映）。</p>  |
| <p>【2】 数値的な目標提示が希薄な研究開発項目もあり、最終目標として客観的に評価しやすい目標を設定することが望ましい。</p>  | <p>多くの研究課題では既に数値目標を設定していたが、内装部材の製品化等数値的な目標提示が希薄な研究課題についても、数値目標等、客観的に評価しやすい目標を設定した。（平成22年度実施計画、事業計画等へ反映）</p>   |
| <p>【3】 これまでに中間目標はほぼ達成されており、最終目標への展望も切り開かれているが、紫外線応答2倍化を実現する酸化チタン材料の作製や高感度可視光光触媒の低コストコーティング技術の確立など、多くの課題の達成は必ずしも予断を許さない。引き続き、実施者間の風通しを良くして、プロジェクト全体として進んでいくように努力されたい。</p> | <p>最終目標の達成に向けて、効率的かつ着実にプロジェクトを推進させた。</p>  |
| <p>【4】 また、今後、欧米への技術成果の公開、普及を図ることが必要であり、国際標準化事業へも継続して注力すべきである。</p>  | <p>国内および国際標準化事業については、研究開発と並行してJ I SならびにI S O / T C 2 0 6に試験方法を提案すべく原案を策定中であったが、引き続き標準化事業に注力した。</p>  |
| <p>【5】 今後は、他の技術との複合化、材料の耐久性、健康面への影響などについても検討していく必要がある。</p>   | <p>光触媒と吸着剤を組み合わせる等、他の技術との複合化、材料の耐久性についてはプロジェクト内で検討した。また、健康面への影響などについては新規可視光応答型光触媒の安全性評価として経口毒性（急性毒性）試験、皮膚刺激性試験・皮膚感作性試験、変異原性試験（Ames 試験）、反復毒性試験等を実施した（P. II-19、P. III-2-①-13：表III-2-①-4）。なお、製品の安全性評価を実施したものもある。<br/>ナノ粒子としての健康面への影響は別プロジェクト「ナノ粒子特性評価手法の研究開発（平成22年度終了）」で検証された。</p> |
| <p>【6】 実用化に当たっては、可能な限り競合する技術と性能・コストなどを比較した情報を積極的に明らかにする必要がある。また、現段階で内装材として要求される性能の重み付けについて整理しておくことが望ましい。</p>   | <p>可能な限り競合する技術と性能・コストなどは比較していたが、実用化の際にプレスリリース等で情報を提供していくこととした。</p>  |
| <p>【7】 技術成果の第三者への供与は、市場拡大には重要なアクションであり、実現のためのシステム構築を期待したい。</p>   | <p>まずは着実に研究の成果を求め、次の段階として技術成果の第三者への供与のシステム構築も考慮することとした。</p>   |
| <p>【8】 酸化チタン系の高感度化への取り組みを強化すると共に、商品化の鍵となる新</p>   | <p>酸化チタン系の高感度化への取り組み、新規可視光応答光触媒を用いたコーティング剤化の実現、商品化、量産</p>   |



|   |   |
|---|---|
| <p>規可視光応答光触媒を用いたコーティング剤化を実現し、商品化、量産化に向けた取り組みを加速することを期待する。</p>   | <p>化に向けた取り組みについて注力した。</p>   |
| <p>【9】技術の実用化は効果とコストのバランスが鍵となるだけに、開発した技術の長期性能の検証や費用対効果を見据えた実証試験などを伴う研究を中心に行うことが重要である。</p>                      | <p>2009年度、2010年度補正予算、2011年度の加速予算を投入して病院・空港での通年にわたる実証試験を行った。</p>   |
| <p>【10】内装への適用という視点を踏まえ、その物質自体の安全性などについても慎重に評価する姿勢が求められる。</p>  | <p>安全性評価として経口毒性（急性毒性）試験、皮膚刺激性試験・皮膚感作性試験、変異原性試験（Ames試験）、反復毒性試験等を実施した（P. II-19、P. III-2-①-13：表III-2-①-4）。</p> <p>また、ナノ粒子としての安全性評価は、別プロジェクトの「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」において、酸化チタンのナノ粒子の安全性について検証された。</p> |
| <p>【11】プロジェクト運営の弾力性を高めるために、更に外部の意見を取り入れる機会を増やしていくことを提案したい。</p>  | <p>展示会（国際光触媒展、エコプロダクツ展等）、学会等に積極的に参加し、広く外部の意見を取り入れる機会を設けた。</p>   |
| <p>【12】材料としての信頼性がより高いと想定される酸化チタン系での目標達成が強く望まれる。</p>   | <p>酸化チタン系を中心とした光触媒の高感度化に取り組み目標を達成した。</p>  |
| <p>【13】可視光応答光触媒活性を評価する標準評価方法と評価尺度が必要であり、立案した試験法は早期に国際標準化するなど国益保持への取り組みも期待したい。</p>                             | <p>可視光応答光触媒活性を評価する標準評価方法と評価尺度の確立は開発項目①-6および②-1に掲げて実施しているが、引き続き注力した。さらに研究開発と並行して実施している国内および国際標準化事業に速やかに反映させられるよう、JISならびにISO/TC206への提案原案策定にも引き続き注力した。</p>                                     |
| <p>【14】化学的安定性や元素戦略的な視点から優位性のある酸化チタンベースの材料開発との関係について、その開発方針を明確化する必要がある。</p>                                    | <p>可視光応答のために酸化チタンの伝導帯を下げるという開発方針で、Ti<sup>3+</sup>や鉄をドーピングした酸化チタンに銅や鉄のナノクラスターで修飾するという材料設計で、Cu/Ti(III)-Doped TiO<sub>2</sub>などさらに高感度化できた材料を創製した。今後材料開発を進める予定である。</p>                          |
| <p>【15】後半は新規高感度可視光応答型材料を用いた実用化検討を早急に進め、各企業としても企業全体としても研究開発の促進を図る必要がある。</p>                                    | <p>最終目標の達成に向けて、着実にプロジェクトを推進させ、実証試験を実施した。これにより実用化検討が促進できた。</p>   |
| <p>【16】内装材のスペックに抗ウイルスを考慮するなど、現段階で内装材として要求される性能の重み付けについて、きちんと整理しておくことが望ましい。</p>                                | <p>内装材の性能について、VOCガス分解性及び抗ウイルス性等を評価したが、商品化する製品の用途に応じて、たとえば抗ウイルス性が求められる製品については、JISに準拠した評価方法だけでなく、より実空間に近いウイルスエアロゾルを対象にした評価も併用するなどを検討した。</p>   |
| <p>【17】空気清浄機についてはフロンの分解物について確認や対象とするVOCの選定、ウイルスの不活性化においては吸着特性に優れた材料との複合化技術などの実用化に向けての多くの課題に対して今後の進捗が望まれる。</p> | <p>PFUガスとしてCF<sub>4</sub>を対象として評価を進めるとともに、ウイルスの不活性化に対しては、銅一価化合物のタンパク質吸着特性に着目して、それと光触媒を組み合わせた材料としてCuxO/TiO<sub>2</sub>を創製した。</p>   |

5. 評価に関する事項

5.1 事前評価

1) NEDO POST 1～3【添付資料4-1）参照】

「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」

・実施時期 平成18年11月頃



研究テーマ名 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト

研究目的

○背景、目的、必要性

①背景：光触媒技術は、我が国発祥の技術であり、その技術開発レベルは世界トップクラスである。2004年現在で国内市場は、約550億円、世界市場は、約900億円である。現在までは、紫外光応答型光触媒を用いた製品開発が主であり、外装建材、浄化用フィルター材を中心に着実に実用化が拡大している。また、2001年には、可視光にも応答可能な光触媒が開発され、室内環境も含めその潜在的なニーズは、今後20年間で、3兆円近くにまで達するものと見込まれている。

②市場ニーズ(目的)：安心・安全に対する世界的ニーズが高まりつつある中、汚染土壌・排水処理、抗菌・抗ウイルスなどを可能とする材料開発が喫緊の課題となっている。また、光触媒製品市場を拡大し、且つ産業として持続させるためには、真の効果が期待でき、消費者、利用者がそれを実感できる製品を開発し、展開していくことが急務となっている。

③技術ニーズ：屋外以外にも室内環境を改善可能な可視光応答型光触媒の飛躍的な特性改善が強く望まれている。これを達成するには、サイエンスに基づく現象解明をベースとした研究開発とそれを具現化するプロセス開発が必要不可欠である。

プロジェクトの規模

○事業費と研究開発期間(目安として)  
①事業費総額：12億円  
②研究期間：5年(平成19～23年度)

技術戦略マップ上の位置付け

部材産業分野の省エネ部材、環境負荷低減部材、建築材料、光触媒、光触媒水素製造部材、に対応するものである。また、共通基盤技術の中の材料製造技術、加工技術に対応する項目を含む。

研究内容

○研究開発課題(目的達成のための技術課題)

- ①光触媒共通サイエンスの構築
- ②光触媒共通基盤技術の研究開発
- ③高感度光触媒材料の開発
- ④酸化チタンの新機能開拓
- ⑤光触媒新産業分野開拓

○キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ(課題を解決するためのポイントおよびその現状)

- ①第一原理を基に理論設計し、合成した可視光応答型光触媒は、市販のもの(窒素ドーパ型)に比べ、2倍弱の活性を発現。
- ②Ta,N同時ドーパや新規金属錯体の探索等による高感度な可視光応答型光触媒材料の創製。
- ③コーティング薄膜層表面ナノ構造制御等の製造プロセスの最適化による高感度化。

○目標値(技術水準)とその条件および設定理由(根拠)

- ①目標値：紫外光応答型光触媒の感度2倍、可視光応答型光触媒の感度10倍向上
- ②設定根拠：感度2倍でコストが1/2に、感度10倍で紫外光応答型と同等レベルの性能に。

その他関連図表



2) 事前評価書【添付資料4-2）参照】

「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」

・実施時期 平成18年11月6日

・評価手法 内部評価

・評価事務局 環境技術開発部

表Ⅱ-3 事前評価結果(抜粋)

|   |
|---|
| <p>5. 総合評価</p> <p>NEDO 事業として積極的に推進すべき。集中研の設置等産学融合的な研究開発を効果的に、効率的に推進するために、PL の強力なリーダーシップの実現、技術情報の公開性と知財権の取扱等事前の体制作りが肝要である。</p> |
|---|

## 5. 2. 中間評価

- ・実施時期 : 第1回分科会（平成21年7月14日）  
: 第22回研究評価委員会（平成21年9月17日）
- ・評価手法 : 第三者評価
- ・評価事務局 : 評価部
- ・評価項目、基準 : 研究開発項目①「基礎基盤タイプ評価項目・評価基準」に基づく  
研究開発項目②～⑤「標準的評価項目・評価基準」に基づく

表Ⅱ-4 中間評価結果（抜粋）

|  |
|--|
| 1. 総論  |
| <p>1)総合評価</p> <p>VOC、インフルエンザウイルス、土壌汚染など生活環境を脅かす様々な問題が顕在化する中で、光触媒はそれらの解決に有効な手段を提供し、ひいては循環型社会の構築に重要な役割を果たすことが期待されている。</p> <p>本プロジェクトは、新規な高活性光触媒を開発し、それを利用した新規産業の創出を目的とするものであり、光触媒産業の拡大における課題を綿密に分析した上での確かな戦略目標を設定し、社会のニーズを背景に、大学の有するシーズと企業の有する実用化力をうまく融合した研究開発がなされてきている。全体的には当初の目標を上回る成果が得られ、最終目標に向けての課題・取り組みも明確に示されている。</p> <p>新しい発想で設計、製造した可視光応答光触媒は世界初の成果であり、中間目標値を大きく上回り、高く評価できる。今後、実用化に向けて取り組みの加速が期待される。また、光誘起相転移現象など酸化チタンの新機能創出が発見されたことは、ナノテク分野の発展にも大きく貢献する。</p> <p>プロジェクトリーダーの卓越したリーダーシップの下で、研究開発の進捗状況の共有化や知財管理のマネジメントなど、革新的なプロジェクト運営により、実施者間での早期技術共有がなされ目標達成に寄与したと判断される。</p> <p>ここまでは順調に進捗してきたが、最終目標の達成に向けては、酸化チタンの紫外光応答の2倍化、酸化チタンをベースにした可視光応答10倍化、それらの低コストでのコーティング技術など解決すべき多くの課題があり、これまで以上の取り組みの強化を期待したい。</p> |
| <p>2) 今後に対する提言</p> <p>プロジェクトの前半は新規可視光応答光触媒の開発が主で、内装部材など応用製品開発は設計、試作段階、課題抽出にとどまっていた。今後は、酸化チタン系の高感度化への取り組みを強化すると共に、商品化の鍵となる新規可視光応答光触媒を用いたコーティング剤化を実現し、商品化、量産化に向けた取り組みを加速することを期待する。</p> <p>技術の実用化は効果とコストのバランスが鍵となるだけに、開発した技術の長期性能の検証や費用対効果を見据えた実証試験などを伴う研究を中心に行うことが重要である。また、内装への適用という視点を踏まえ、その物質自体の安全性などについても慎重に評価する姿勢が求められる。</p> <p>プロジェクトリーダーの強力なリーダーシップは強みであるが、プロジェクト運営の弾力性を高めるために、更に外部の意見を取り入れる機会を増やしていくことを提案したい。</p>   |

「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」

中間評価分科会委員名簿

(平成21年7月現在)

|                | 氏名          | 所属、役職                              |
|----------------|-------------|------------------------------------|
| 分科<br>会長       | みのうら 箕浦 秀樹  | 岐阜大学 名誉教授                          |
| 分科<br>会長<br>代理 | おだ 和田 雄二    | 東京工業大学 大学院理工学研究科 応用化学専攻<br>教授      |
| 委員             | あさの 浅野 祐一   | 日経 BP 社 日経アーキテクチュア編集 副編集長          |
|                | いむら 井村 達哉   | 川崎重工業株式会社 営業推進本部 市場開発部 課長          |
|                | おかもと 岡本 誉士夫 | ダイキン工業株式会社 空調生産本部<br>商品開発グループ 主任技師 |
|                | やました 山下 弘巳  | 大阪大学 大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻<br>教授    |
|                | よう 葉 金花     | 独立行政法人物質・材料研究機構 光触媒材料センター<br>センター長 |

敬称略、五十音順

図Ⅱ-5 評価委員 (リスト)

### 5. 3. 事後評価

- ・実施時期 分科会（平成24年11月1日）
- ・評価手法 外部有識者による
- ・評価事務局 評価部
- ・評価項目、基準 : 研究開発項目①「基礎基盤タイプ評価項目・評価基準」に基づく  
研究開発項目②～⑤「標準的評価項目・評価基準」に基づく

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成24年度に実施する。

表Ⅱ-5 評価委員（リスト）

|        | 氏 名                | 所属・役職  |
|--------|--------------------|--|
| 分科会長   | わだ ゆうじ<br>和田 雄二    | 東京工業大学 大学院理工学研究科 応用化学専攻 教授                                   |
| 分科会長代理 | うおさき こうへい<br>魚崎 浩平 | 独立行政法人物質・材料研究機構<br>国際ナノアーキテクトニクス拠点<br>ナノグリーン分野コーディネーター・主任研究者 |
| 委員     | いむら たつや<br>井村 達哉   | 川重商事株式会社 事業開発部 参与  |
|        | おかもと よしお<br>岡本 誉士夫 | ダイキン工業株式会社 空調生産本部<br>商品開発グループ 主任技師                           |
|        | たなか つねひろ<br>田中 庸裕  | 京都大学大学院 工学研究科 分子工学専攻 教授                                      |
|        | でがわ とおる<br>出川 通    | 株式会社テクノ・インテグレーション 代表取締役社長                                    |
|        | まつむら みちお<br>松村 道雄  | 大阪大学 太陽エネルギー化学研究センター センター長                                   |

敬称略、五十音順

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### 1. 事業全体の成果

##### 1. 1 事業全体の成果

表Ⅲ-1-1 個別研究開発項目の目標と達成状況

|                         | 最終目標(平成 23 年度)  | 成果   | 達成度 |
|-------------------------|---|--|-----|
| ① 光触媒共通サイエンスの構築         | ラボレベルにおける活性度評価において現状と比較して紫外光活性 2 倍、可視光活性 10 倍の高感度化を達成する。                    | ・2つの科学的基礎発見を基にして、用途に適した種々の可視光応答型光触媒材料( $\text{Cu}/\text{WO}_3$ , $\text{Cu}/\text{TiO}_2$ , $\text{Fe}/\text{TiO}_2$ , $\text{Cu}_x\text{O}/\text{TiO}_2$ など)が創製できた。 | ◎   |
| ② 光触媒基盤技術の研究開発          | 光触媒製品の低コスト・省エネルギー製造プロセスに適した、光触媒粒子、コーティング液、成膜方法等の基盤技術を開発する。                  | ・①にて創製された $\text{Cu}/\text{WO}_3$ の量産性(10kg/day)を達成し、そのコーティング液も開発できた。<br>・ $\text{Cu}_x\text{O}/\text{TiO}_2$ のスパッタ成膜方法を開発し、実証試験に供した。                                | ◎   |
| ③ 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発 | 室内環境でも高い効果を発揮する高感度可視光光触媒材料を開発し、内装部材として製品化の目途を得る。                            | ・ $\text{Cu}/\text{WO}_3$ 系コーティング建材パネル、 $\text{Cu}/\text{TiO}_2$ , $\text{Cu}_x\text{O}/\text{TiO}_2$ 系コーティングフィルム、タイル、塗料などを開発し、実証試験に供した。                             | ◎   |
| ④ 酸化チタンの新機能創出           | 撥水性酸化チタン、親水-撥水変換技術、強磁性等の新しい物性の探索、エネルギー貯蔵材料との複合化技術等を開発することにより酸化チタンの新機能を創出する。 | ・新陳代謝による自己修復機能をもつ撥水性酸化チタン膜を創製できた。<br>・室温で光誘起相転移を示す新種の金属酸化物( $\lambda$ )型- $\text{Ti}_3\text{O}_5$ を合成した。<br>・酸化チタンと水酸化ニッケルの複合薄膜において、エネルギー貯蔵により暗所下で VOC 分解を確認した。      | ◎   |
| ⑤ 光触媒新産業分野開拓            | VOC や PFC 等の除去システム、土壌浄化システム、実環境におけるウイルス不活化システム等を開発することにより、光触媒の新産業分野を開拓する。   | ・VOC を 99%あるいは 1ppm を 1ppb まで分解除去できる装置を開発できた。<br>・光触媒シートを利用した原位置土壌浄化システムを構築し、実証試験にて効果を確認できた。<br>・ウイルス等の空気感染・接触感染リスク低減を実証試験現場(空港・病院)で確認できた。                           | ◎   |

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

### ①光触媒共通サイエンスの構築

- ・ 界面電荷移動および酸素多電子還元触媒による高活性可視光酸化チタンの創製に成功し、その中で鉄イオン担持酸化チタン Fe 系化合物/TiO<sub>2</sub>におけるイオン担持条件および酸化チタンの前処理の最適化によって可視光照射下での有機物の完全無害化の目標活性値 10 倍を大きく上回る、16 倍を達成した。可視光応答型光触媒では世界トップの性能を発現することに成功した。
- ・ 銅酸化物アモルファスクラスタ (Cu<sub>x</sub>O, x= 1 or 2) を酸化チタンの表面に担持し、室内照明の照射、かつ、暗所の環境でも優れた抗菌・抗ウイルス性能を発揮する画期的な光触媒を開発した。驚くべきことに、Cu<sub>x</sub>O/TiO<sub>2</sub>は暗所でも抗ウイルス効果を発揮し、感染力のあるウイルスの数は1時間で4桁減少、すなわち、99.99%のウイルスを不活化することができた。また、可視光(紫外線をカットした白色蛍光灯)を照射したところ、1時間で7桁以上のウイルスを不活化することに成功した。
- ・ 酸化チタンの結晶に鉄をドーブし、更にその表面に鉄イオン助触媒を担持したサンプルにおいて、吸収光子数: 1.46×10<sup>15</sup> (quanta/ sec), 量子効率: 45.5 (%), 反応活性: 0.66 (μmol/hour)をもつ可視光活性を示す材料を開発することに成功した。
- ・ 基材/白金助触媒/酸化タングステン/酸化チタンの積層薄膜を開発した。開発した薄膜は紫外線をカットした白色蛍光灯の照射で高度に親水化し、接触角 10° 以下の超親水性を示した。この薄膜の表面には酸化チタンがコートしてあるため、酸化タングステン薄膜に比べ耐アルカリ性に大変優れていた。
- ・ 酸化チタンナノ粒子の構造を制御し、酸化反応・還元反応が優先的に進行する露出結晶面の制御を可能にした。その結果、光触媒ナノ粒子の表面上での逆反応を極限まで抑制することが可能となり、紫外光下での光触媒活性が、既存の光触媒材料に比べて3-4倍に向上した。
- ・ 可視光応答型光触媒材料の性能評価に関する JIS 標準化案 (アセトアルデヒドの完全分解試験方法) を策定した。
- ・ 酸化タングステンナノチューブからなる3次元的に空孔を有するポーラスで樹状の WO<sub>3</sub> nanotree 配向薄膜の合成に成功した。底部に Pd を担持した WO<sub>3</sub> nanotree 薄膜は、可視光下で超親水化することがわかった。薄膜の製造方法は簡便で、金属タングステンを溶媒中で加熱処理する水熱法によって大面積成膜も可能である。
- ・ 紫外光応答型光触媒による抗ウイルス性能評価試験、可視光応答型光触媒による抗菌性能評価試験、可視光応答型光触媒による抗ウイルス性能評価試験の各試験について、標準化委員会へのデータの提出やラウンドロビン試験を随時行い、これらの成果をもとにして、紫外光応答型光触媒を用いた抗ウイルス性能評価試験法 (ISO 及び JIS)、可視光応答型光触媒を用いた抗菌性能評価試験法 (ISO 及び JIS)、可視光応答型光触媒を用いた抗ウイルス性能評価試験法 (ISO 及び JIS) の計 6 つの評価方法の原案を作成した。

### ②光触媒基盤技術の研究開発

- ・ 十面体酸化チタンについては、従来の可視光応答型 (N-TiO<sub>2</sub>) の光誘起分解活性の 10 倍以上を実現した。量産検討用のパイロットプラントを建設し、稼働させることで、10kg/日以上以上の量産性を確立した。

- ・ Cu/WO<sub>3</sub>については、従来の紫外光応答型の光誘起分解活性の約2倍以上を実現した。量産検討用のパイロットプラントを建設し、既に10kg/日以上 の量産性を確認した。
- ・ TiO<sub>2</sub>系の可視光型光触媒については、TiO<sub>2</sub>への極僅かなカチオンドーピングとFe(III)担持の2つの技術の融合により、従来の10倍以上の活性を実現した。

### ③高感度可視光応答型光触媒利用内装材の開発

- ・ ①光触媒共通サイエンスの構築で創製された可視光応答型光触媒材料の建材への実用化に目処をつけた。

### ④酸化チタンの新機能創出

- ・ 親水—撥水変換技術として無機酸化物表面に高度な動的撥水性を付与する手法を検討した。常温プラズマ照射方法、湿式の雰囲気処理法、の2つの方法で無機酸化物を滑水化することが可能となり、得られた動的滑水性表面について評価方法を確立した。また製造条件を改良した滑水性サンプルを10社の企業に提供して、その1社より実用可能性があるとする評価が得られた。
- ・ Ti<sup>3+</sup>を含む黒色酸化チタンナノ微粒子の化学的合成を行い、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub>、Ti<sub>4</sub>O<sub>7</sub>のナノ微粒子の合成に成功し、合計18件(国内8件、海外10件)の特許出願を行った。その中でもTi<sub>3</sub>O<sub>5</sub>をナノ微粒子合成することで、金属的伝導を示す新種の酸化チタン・ラムダ(λ)型-Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub>を合成することができ、このλ-Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub>が室温でγ-Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub>との間で光誘起金属—半導体転移を示す光誘起相転移材料であることを見出した。

### ⑤光触媒新産業分野開拓

- ・ 活性炭と高性能光触媒からなる光触媒シートと自然エネルギーである太陽光を利用した簡易な原位置土壌浄化システムを確立した。環境にやさしくさらに低コストでVOCの浄化を行うことができる浄化法のひとつとして、確立することができた。
- ・ ウイルス等の空気感染・接触感染リスク低減を実証試験現場(空港・病院)で確認できた。



1. 2 研究発表・特許等の状況

表Ⅲ-1-2 特許、論文、外部発表等の件数

|               | H19  | H20   | H21   | H22    | H23    | H24   | 計    |
|---------------|------|-------|-------|--------|--------|-------|------|
| 特許出願（うち外国出願）  | 6(0) | 12(3) | 22(4) | 48(28) | 50(25) | 13(9) | 151件 |
| 論文（査読付き）      | 12   | 18    | 17    | 23     | 12     | 9     | 91件  |
| 総説・書籍         | 7    | 14    | 17    | 42     | 32     | 26    | 138件 |
| 研究発表・講演（国内会議） | 32   | 56    | 57    | 66     | 66     | 22    | 299件 |
| 研究発表・講演（国際会議） | 3    | 40    | 15    | 36     | 29     | 4     | 127件 |
| 新聞・雑誌等への掲載    | 0    | 23    | 14    | 51     | 1      | 14    | 103件 |
| 展示会への出展（出展者数） | 0    | 4(9)  | 7(14) | 10(13) | 5(8)   | 1(1)  | 27件  |

\*成果の詳細は業績リストを別途添付する。

### 1. 3 標準化事業の成果

標準化については、「可視光応答型光触媒の性能評価方法に関する標準化」に取り組んだ。

#### (1) 標準試料

空気浄化 (NO<sub>x</sub>、アセトアルデヒド、トルエンの除去) 性能試験用の標準試料として、最も高い活性を示した試料 B と、「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」で開発された可視光応答型光触媒 (試料 D および E) とをそれぞれガラス板上に固定し、標準試験片 3 種類を調製した。作製した試料について、光触媒重量の計測およびトルエンを用いたベンチマークテストを行った。

#### (2) NO<sub>x</sub>、VOC (アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、トルエン) 除去性能試験

NO<sub>x</sub> については、JIS R 1701-1 が 2010 年に改正されており、その際の変更点 (フィルター状材料や除去量が小さい試験片への対応など) を反映した JIS/ISO 原案を作成した。

アセトアルデヒド及びホルムアルデヒドについては、試験片の前処理において水洗が除去性能を改善することがあることがわかり、水洗 (精製水に 2 時間浸漬) による前処理を加えた。

トルエンを用いる試験方法は、関係者の相互訪問による試験条件等のチェック、反射率が一定な光源反射板の使用、前処理条件の統一 (乾燥 120 °C, 1 h、紫外線照射 12~24 h) 等を行い、ラウンドロビンテスト (RRT) を実施した。これらの結果をもとに、JIS/ISO 原案を作成した。

#### (3) メチルメルカプタン除去性能試験方法

暗反応を抑制する前処理方法の検討と暗反応の寄与を除外できる解析処理手法の検討を行い、RRT を行った。これらの結果をもとに、JIS/ISO 原案を作成した。

#### (4) チャンバー法による除去性能試験方法

RRT の結果、併行標準偏差は非常に小さい値であり、同一試験場での再現性には極めて優れていることが確認できたが、異なる試験場での再現性を確保するのが非常に難しい試験であるため、得られた技術的知見を JIS 解説に反映した。これらの結果をもとに、JIS/ISO 原案を作成した。

#### (5) セルフクリーニング性能試験方法

可視光での評価方法を「接触角法」とすることとし、疑似汚れの種類や付着方法、接触角の測定条件などの各種条件を RRT により検証した。疑似汚れとしては、可視光照射時に酸化分解の可能性が低いステアリン酸を選択し試験を行った。これらの結果をもとに、JIS/ISO 原案を作成した。

#### (6) 分解性能試験方法

可視光応答型光触媒は数多く開発されているが、その多くは分解対象物質を部分的に酸化し、完全酸化分解に至らない場合も多い。このため、有機物を完全分解しうるかどうかを判断するための試験法として、試験容器内に粉末状光触媒を設置しアセトアルデヒドを分解する RRT を実施した。これらの結果をもとに、JIS/ISO 原案を作成した。

#### (7) 抗菌性能試験方法

可視光応答型光触媒の抗菌性評価方法については、紫外光応答型光触媒の試験法をもとに照度等を検討した。また、中国との共同提案に向けた ISO 試験方案の調整を行い、これら結果をもとに、JIS/ISO 原案を作成した。

#### (8) 抗ウイルス性能試験方法

インフルエンザウイルスとネコカリシウイルスを用いて、バクテリオファージを用いた代替試験法の妥当性を検証した。その結果、A 型インフルエンザウイルスとバクテリオファージ Qβ に対する

光触媒の効果はよく一致しており、バクテリオファージを用いて抗ウイルス性を代替評価する有効性を確認できた。これらの結果をもとに、紫外光応答型光触媒と可視光応答型光触媒の抗ウイルス性能試験方法の JIS/ISO 原案を作成した。

(9) 可視光応答型光触媒性能評価試験用標準光源

実地調査およびアンケートの結果から、ヨーロッパ、アメリカ、アジア諸国で用いられている屋内照明光源の状況をまとめた。また、紫外光カットフィルターの検討として、標準試験片 D によるトルエン除去試験における、N-169 と N-113 フィルターの違いを検討した。以上の結果をもとに、可視光応答型光触媒性能評価試験用標準光源の JIS/ISO 原案を作成した。

(10) 海外調査

欧州における光触媒標準化状況を調査するため、トリノ大学で開催された CEN/TC386 に参加した。また、第3回ナノテクノロジー国際会議 (NANOCON 2011)、第4回 CEN/TC 386 (光触媒) 総会、第2回欧州光触媒シンポジウム (JEP 2011) に出席した。

可視光光触媒抗菌性試験法の共同提案の内容について、中国と協議した。

欧州における光触媒空気浄化試験方法と今後の方向を調査し、ISO での可視光応答型光触媒の性能評価方法の議論をスムーズに進めることを目的として、ベルギー化学技術資源センター、ベルギー道路研究所、アイントホーフェン大学、Italcementi を調査した。

(11) CEN で検討されている空気浄化性能試験方法

ISO の流通式試験法と欧州で考えられている試験法が異なるため、ISO と CEN の試験法 (NOx 除去試験方法) を比較した上で、CEN の試験装置を再現し、実際に NOx 除去試験を行い、ISO の結果と比較した。この結果、CEN の試験法は、サンプルの形状/表面の状態等に自由度があるという利点がある反面、光触媒性能に差がでにくいなど多くの課題があることが明らかになった。

表 III-1-3 可視光応答型光触媒性能評価試験方法 JIS/ISO の状況

| 分類           | 試験方法             | タイトル   | JIS     | ISO       |
|--------------|------------------|--|---------|-----------|
| セルフクリーニング    | 水接触角             | ファインセラミックス-可視光応答型光触媒材料のセルフクリーニング性能試験方法-水接触角の測定                 | 2012.9  | 2013.4    |
|              | 完全分解             | ファインセラミックス-アセトアルデヒドによる可視光応答型光触媒の完全分解試験方法                       | 2012.9  | 2013.4    |
| 空気浄化(流通式)    | 一酸化窒素            | ファインセラミックス-可視光応答型光触媒材料の空気浄化性能試験方法-第1部:窒素酸化物の除去性能               | 2012.10 | NP1204    |
|              | アセトアルデヒド         | ファインセラミックス-可視光応答型光触媒材料の空気浄化性能試験方法-第2部:アセトアルデヒドの除去性能            | 2012.10 | NP1205    |
|              | トルエン             | ファインセラミックス-可視光応答型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                | 2012.10 | NP1206    |
|              | ホルムアルデヒド         | ファインセラミックス-可視光応答型光触媒材料の空気浄化性能試験方法-第4部:ホルムアルデヒドの除去性能            | 2012.10 | NP1207    |
|              | メチルメルカプタン        | ファインセラミックス-可視光応答型光触媒材料の空気浄化性能試験方法-第5部:メチルメルカプタンの除去性能           | 2012.10 | NP1208    |
|              | チャンバー法(ホルムアルデヒド) | ファインセラミックス-可視光応答型光触媒材料の空気浄化性能試験方法-第6部:小形チャンバーを用いたホルムアルデヒドの除去性能 | 2012.10 | WD18560-1 |
| 抗菌・抗かび・抗ウイルス | 抗菌               | ファインセラミックス-可視光応答型光触媒抗菌加工製品の抗菌性試験方法・抗菌効果                        | 2012.10 | CD17094   |
|              | 抗ウイルス            | ファインセラミックス-可視光応答型光触媒材料の抗ウイルス性試験方法-バクテリオファージ Qβ を用いる試験方法        | 2012.10 | NP1209    |
| 光源           | 紫外光標準光源          | ファインセラミックス-屋内照明環境で用いる光触媒試験用光源                                  | R1750   | DIS14605  |

NP:新業務項目、WD:作業原案、CD:委員会原案、DIS:国際規格案、FDIS:最終国際規格案、ISO:国際規格

: 審議中
  : 提案中
  : 未提案

## 2. 研究開発項目毎の成果

### 研究開発項目①光触媒共通サイエンスの構築

#### 1-1 高感度化光触媒の設計指針の確立

酸化チタン表面上にクロムイオン、銅イオンを担持することによって高活性な可視光応答光触媒の創製に成功した。この担持型酸化チタンでは、クロムイオンから酸化チタンへの、酸化チタンから銅イオンへの可視光誘起 IFCT\*1 が光触媒反応の初期過程である。これまでに実験的に報告されておらず、理論的予測にとどまっていた IFCT 現象を実験的に証明しただけでなく、光触媒反応に応用でき、かつ高感度化光触媒の設計指針を与え、実用レベルの可視光応答型光触媒を創製できたことは大きな成果である。また、酸素の一電子還元しか考えられてこなかった光触媒研究に、新たに酸素多電子還元触媒の概念を導入したことも高感度化光触媒の設計指針のひとつとして挙げられる。

\* 1 : 半導体表面に吸着した分子および半導体間の電荷移動 (界面電荷移動、Interfacial Charge Transfer, IFCT)

開発した種々の可視光応答型光触媒の活性測定結果を表Ⅲ-2-①-1 に示す。比較のため2種類の窒素ドーパ酸化チタン (サンプル番号④⑤) も併せて示す。窒素ドーパ酸化チタンと比較し、Cu系/TiO<sub>2</sub>、Cu系/WO<sub>3</sub>では大きく活性が向上した。さらにFeイオン担持条件の最適化や酸化チタンの前処理を最適化することによって (表中、サンプル番号⑨)、可視光照射下での有機物の完全無害化の目標活性値10倍を上回る、16倍 (量子収率評価、62÷3.9 = 16) を達成した。

表Ⅲ-2-①-1 種々の可視光応答型光触媒の活性比較 (2-プロパノール気相分解 400~530 nm, 1 mW/cm<sup>2</sup>)

| 番号 | サンプル                               | 吸収光子数/個・cm <sup>2</sup> ・s <sup>-1</sup> | CO <sub>2</sub> 発生速度/μmol・h <sup>-1</sup> | 量子収率/% |
|----|------------------------------------|--|---|--------|
| ①  | Cr(Ⅲ)/TiO <sub>2</sub>             | 3.5×10 <sup>14</sup>                     | 3.2×10 <sup>-2</sup>                      | 1.7    |
| ②  | Cu系/TiO <sub>2</sub>               | 1.8×10 <sup>14</sup>                     | 9.0×10 <sup>-2</sup>                      | 8.8    |
| ③  | Cu系/WO <sub>3</sub>                | 7.1×10 <sup>14</sup>                     | 6.8×10 <sup>-1</sup>                      | 17     |
| ④  | NドーパTiO <sub>2</sub> <sup>1)</sup> | 4.9×10 <sup>14</sup>                     | 4.3×10 <sup>-2</sup>                      | 1.6    |
| ⑤  | NドーパTiO <sub>2</sub> <sup>2)</sup> | 7.5×10 <sup>14</sup>                     | 1.6×10 <sup>-1</sup>                      | 3.9    |
| ⑥  | Cu系/TiO <sub>2</sub> <sup>3)</sup> | 2.0×10 <sup>14</sup>                     | 1.7×10 <sup>-1</sup>                      | 15     |
| ⑦  | Fe系/TiO <sub>2</sub> -(1)          | 2.0×10 <sup>14</sup>                     | 2.3×10 <sup>-1</sup>                      | 22     |
| ⑧  | Cu系/WO <sub>3</sub> <sup>4)</sup>  | 7.1×10 <sup>14</sup>                     | 4.7×10 <sup>-1</sup>                      | 12     |
| ⑨  | Fe系/TiO <sub>2</sub> -(3)          | 1.3×10 <sup>14</sup>                     | 4.4×10 <sup>-1</sup>                      | 62     |

1) 石原産業製酸化チタン ST-01 を NH<sub>3</sub> 流通下 575°C, 3 時間アニールし、作製

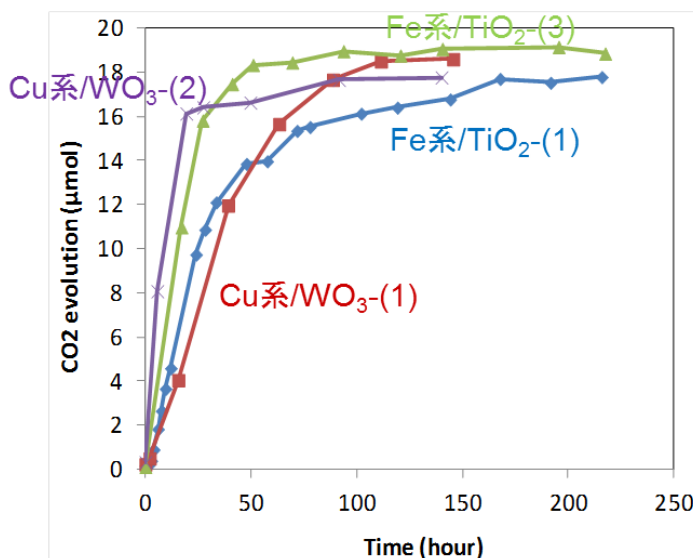
2) 昭和タイタニウム社製 (HP-N08)

3) 試料作製技術の向上により活性が向上

4) 昭和タイタニウム社製 (HP-CW091)

酸化チタンに処理をおこなった上、更にその上に銅イオン、ないし、鉄イオンを担持することでこれまで開発した光触媒の性能を上回る材料を開発することができた。これらの光触媒の可視光照射下での2-プロパノール分解性能を図Ⅲ-2-①-1 に示す。この結果、Fe系/TiO<sub>2</sub>ないしCu系/WO<sub>3</sub>に更に処理を施すことによって大幅に性能が向上することがわかった。

開発した光触媒は短時間で 2-プロパノールを完全酸化分解することができた。開発した光触媒の可視光照射下での吸収光子数 ( $R_p^a$ )、二酸化炭素生成速度 ( $RCO_2$ )、量子収率 (QE) を下表Ⅲ-2-①-2 に示すが、従来の窒素ドーパ型酸化チタンの性能を大幅に上回ることが明らかになった。なお、開発した光触媒の二酸化炭素生成速度は窒素ドーパ型光触媒と比較して 5 倍程度ではあるが、2-プロパノールを完全酸化分解するのに必要な時間を 10 倍以上短縮できる。



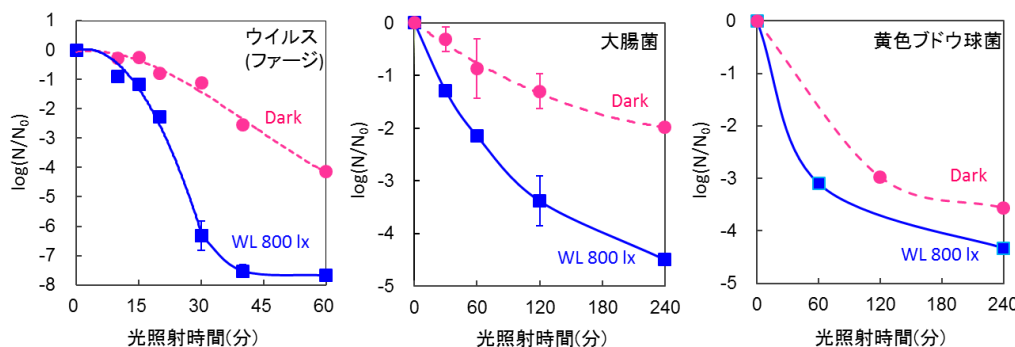
図Ⅲ2-①-1 可視光照射下の 2-プロパノール分解性

表Ⅲ-2-①-2 可視光照射下での吸収光子数 ( $R_p^a$ )、二酸化炭素生成速度 ( $RCO_2$ )、量子収率 (QE)

| Sample                    | TiO <sub>2-x</sub> N <sub>x</sub> | Cu系化合物 /WO <sub>3</sub> -(1) | Fe系化合物 /TiO <sub>2</sub> -(1) | Fe系化合物 /TiO <sub>2</sub> -(3) | Cu系化合物 /WO <sub>3</sub> -(2) |
|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| R <sub>p</sub> (quanta/s) | 4.1 × 10 <sup>15</sup>            | 3.9 × 10 <sup>15</sup>       | 0.82 × 10 <sup>15</sup>       | 0.78 × 10 <sup>15</sup>       | 4.0 × 10 <sup>15</sup>       |
| RCO <sub>2</sub> (μmol/h) | 0.16                              | 0.47                         | 0.44                          | 0.64                          | 0.83                         |
| QE (%)                    | 3.9                               | 12                           | 54                            | 62                            | 21                           |

銅酸化物アモルファスクラスタ (Cu<sub>x</sub>O, x= 1 or 2) を酸化チタンの表面に担持し、室内照明の照射、かつ、暗所の環境でも優れた抗菌・抗ウイルス性能を発揮する画期的な光触媒を開発した。

Cu<sub>x</sub>O/TiO<sub>2</sub> の合成条件を最適化することで高い VOC 分解活性と抗菌・抗ウイルス活性の両方の活性を示す材料の作製に成功した。シンクロトロン (SPring-8) による収端領域 X 線吸収微細構造 (XENES) を用い、合成した Cu<sub>x</sub>O/TiO<sub>2</sub> に含まれる銅化合物の状態を詳細に解析した。Cu<sub>x</sub>O/TiO<sub>2</sub> の抗菌・抗ウイルス活性を図Ⅲ-2-①-2 に示す。大変驚くべきことに、Cu<sub>x</sub>O/TiO<sub>2</sub> は暗所でも抗ウイルス効果を発揮し、感染力のあるウイルスの数は 1 時間で 4 桁減少、すなわち 99.99% のウイルスを不活化することができた。



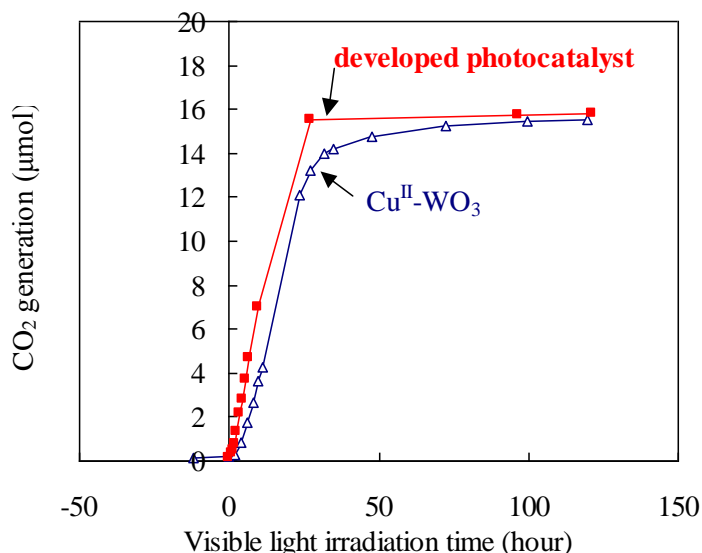
図Ⅲ-2-①-2 Cu<sub>x</sub>O/TiO<sub>2</sub> の抗菌・抗ウイルス活性

また、可視光（紫外線をカットした白色蛍光灯）を照射したところ、1時間で7桁以上のウイルスを不活化することに成功した。また、大腸菌、黄色ブドウ球菌等の抗菌効果についても抗ウイルス効果と同様、暗所での抗菌効果を発揮し、更に可視光の照射でその効果が大きく促進された。今回開発した材料は、長期的に抗菌・抗ウイルス効果が持続することも確認できた。

### 1-2 不純物ドーピングによる高感度化光触媒の研究開発

酸化チタンをベースにドーパントの種類や助触媒の最適化などを重ねた結果、酸化チタンの結晶に鉄をドーピングし、更にその表面に鉄イオン助触媒を担持したサンプルにおいて、吸収光子数： $1.46 \times 10^{15}$  (quanta/sec)，量子効率：45.5 (%)，反応活性：0.66 ( $\mu\text{mol}/\text{hour}$ )をもつ可視光活性を示す材料を開発することに成功した。この材料の可視光照射下での2-プロパノールの分解活性を図III-2-①-3に示す。この材料の吸収光子数はFe系/ $\text{TiO}_2$ -(1)の2倍程度で、かつ、45%の高い量子効率をもつ。

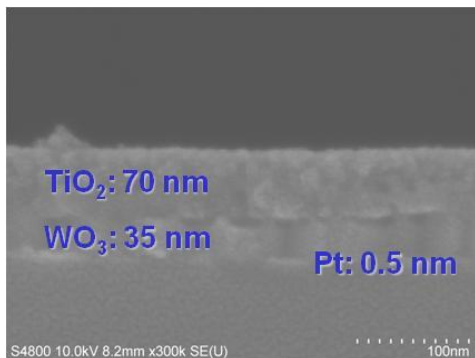
これだけの高い性能を達成できたポイントは、適切なエネルギー準位を有するようなドーピングの設計と、ドーパント-助触媒間の効率的な電荷移動を促すための工夫によるところが大きい。この材料には希少金属や毒性のある物質を用いていない。また、色付きも比較的少ないため意匠性の自由度も高く、透明コーティングへの展開も可能である。



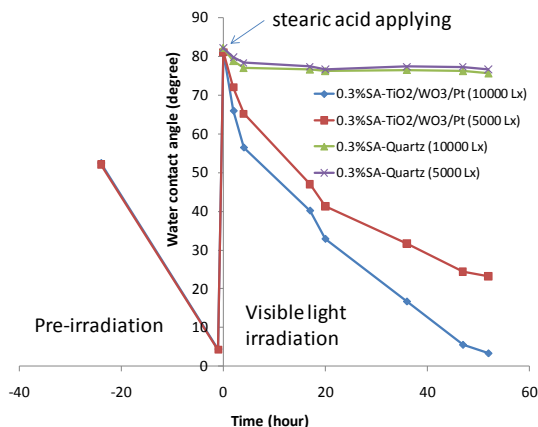
図III-2-①-3 可視光照射下での2-プロパノールの分解活性性能

### 1-3 金属・金属錯体・金属酸化物等の異種材料との複合による高感度化光触媒の研究開発

基材/白金助触媒/酸化タングステン/酸化チタンの積層薄膜を開発した。



図III-2-①-4 薄膜断面の電子顕微鏡写



図III-2-①-5 可視光（白色蛍光灯）照射時の接触角

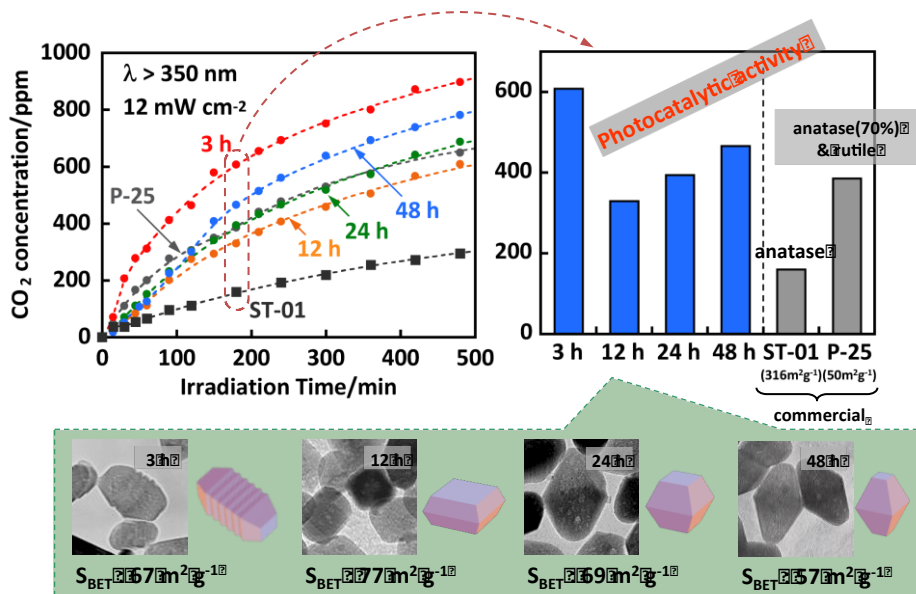
図III-2-①-4 に薄膜断面の電子顕微鏡写真を示す。この薄膜の表面にブラックライトを当ててプレ照射下後、表面にステアリン酸をコートして汚染し、白色蛍光灯に紫外線カットフィルター（N-113）を介して可視光を照射した場合の表面の水との接触角変化を図III-2-①-5 に示す。比較として光触媒をコートしていないガラス基材についても評価した。この結果、ガラス基材は可視光を照射しても全く親水化しなかった一方、開発した薄膜は紫外線をカットした白色蛍光灯の照射で高度に親水化し、接触角  $10^\circ$  以下の超親水性を示した。この薄膜の表面には酸化チタンがコートしてあるため、酸化タングステン薄膜に比べ耐アルカリ性に大変優れていた。

#### 1-4 光触媒材料の特性、物性評価法、高感度化因子の研究開発

スパッタ真空成膜法により  $\text{TiO}_2$  膜の低温結晶化と高速成膜を検討し有機物の光分解特性との相関を求めた。その結果、 $\text{TiO}_{2-x}$  ターゲットを用いスパッタガス組成を制御することにより従来の7倍の高速成膜と20%の結晶化度を有する膜の作製条件が得られた。得られた部分結晶化膜のメチレンブルー光分解特性は結晶化膜の約30%の特性を有することが確認された。

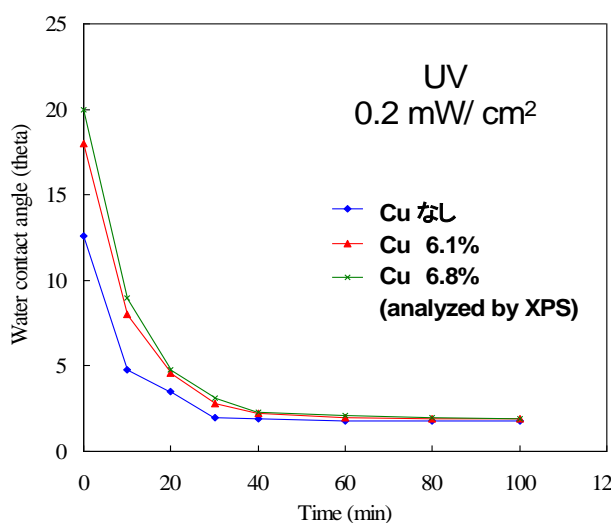
#### 1-5 酸化チタンの結晶構造制御による高感度化光触媒の研究開発

酸化チタンナノ粒子の構造を制御し、酸化反応・還元反応が優先的に進行する露出結晶面の制御を可能にした。その結果、光触媒ナノ粒子の表面上での逆反応を極限まで抑制することが可能となり、紫外光下での光触媒活性が、既存の光触媒材料に比べて3-4倍に向上した（図III-2-①-6）。

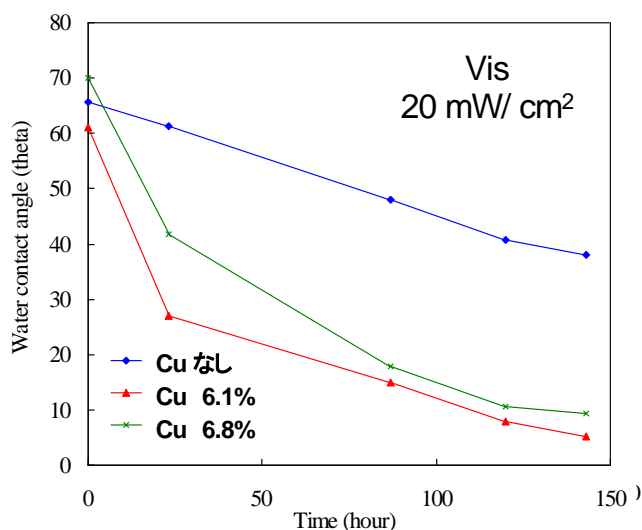


図III-2-①-6 形状制御したアナターズ型酸化チタンの性能評価

親水化特性に優れる(110)面に配向したルチル型酸化チタンのナノロッド (RNR) の合成に成功した。この RNR 粒子に Cu 化合物の修飾をおこない、透明、大面積コーティング化が可能な可視光誘起超親水化薄膜を開発した。薄膜に紫外線、および、可視光を照射した場合の光誘起親水化特性を図III-2-①-7 に示す。Cu 化合物を担持することで光照射前の RNR 薄膜の初期接触角は若干増加したが、これらの薄膜に紫外線を照射した場合、いずれもバンドギャップ励起が起こるため高度に親水化した。一方、可視光を照射した場合、Cu 化合物を担持しないサンプルは大気中にある汚れ分子の付着のため疎水化して



図III-2-①-7 Cu-RNR 薄膜に紫外線および可視光を照射した場合の水接触角変化



図III-2-①-8 表面をオレイン酸で汚染した後、可視光を照射した場合の水接触角変化

しまうのに対し、Cu化合物を担持したRNR薄膜は可視光の照射でも接触角が5°以下まで高度に親水化することができた。

更に、表面をオレイン酸で汚染させた後、可視光を照射した場合の水接触角変化を測定した。結果を図III-2-①-8に示したが、このような汚れが付着した条件であってもCu化合物を担持したRNR薄膜は高度に親水化することが可能であった。超親水性に至る時間はWO<sub>3</sub>系薄膜よりも若干遅いが、酸化チタンベースのRNR薄膜は簡便なスピコート法で大面積成膜が可能で、コスト面、耐アルカリ性にも優れている。RNRコロイド自体も大量生産が可能な簡便な化学プロセスで合成することができ、汎用性の高い可視光薄膜技術となることが期待される。

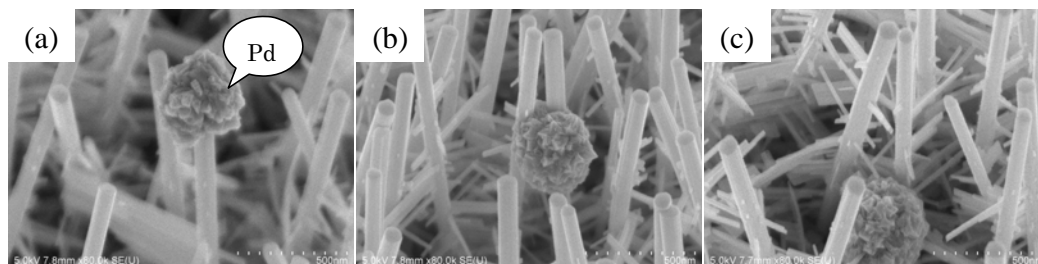
### 1-6 光触媒の評価方法の確立

可視光応答型光触媒の性能評価方法を確立し、その方法により本プロジェクトで開発された新規可視光応答型光触媒の性能評価および可視光活性向上について検討を進めた。その結果、本プロジェクトで開発されたCu系/WO<sub>3</sub>光触媒にバインダーとして用いられているペルオキシチタン酸(PTA)を添加することにより可視光応答性が大幅に増大することを見出した。また、簡易型VOC測定方法についても検討した。本プロジェクトで培われた性能評価技術を活用し、可視光応答型光触媒材料の性能評価に関するJIS標準化およびアジア光触媒標準化会議(CASP会議)等へ貢献した。成果としてアセトアルデヒドの完全分解試験方法のJIS標準化を策定できた。

### 1-7 ナノ構造制御による高感度化光触媒の研究開発

水熱合成法によって酸化タングステンのナノチューブを開発することができた。タングステン塩、溶媒、構造制御剤を加え、加熱することで白色の沈殿を得た。得られた白色粉末はナノチューブ形状を有するタングステン酸の水酸化物であり、この沈殿を純水で洗浄後、乾燥、大気中で450°Cの焼成をおこなうことで、黄色のWO<sub>3</sub>のナノチューブ(WO<sub>3</sub>NT)を合成した。得られた酸化タングステンのナノチューブ





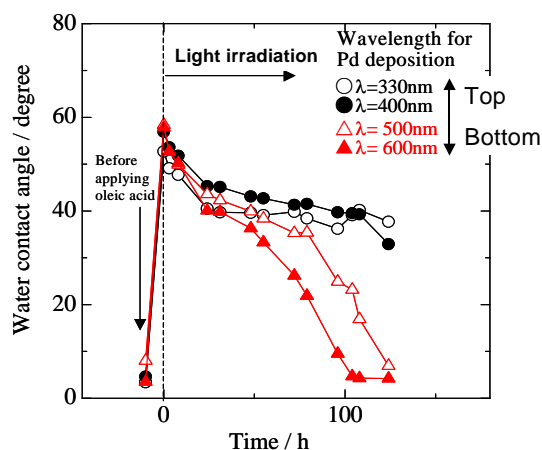
図III-2-①-9 光電着法によりPd粒子を析出させたWO<sub>3</sub> nanotreeのSEM写真

(照射波長 330 nm (a), 400 nm (b), 500 nm (c)).

ブは、壁の厚みが200nm、長さが数 $\mu$ mのオープンエンドの構造で、微結晶の集合体であることがわかった。この酸化タングステンのナノチューブは壁細孔を有するナノポーラス構造であった。光触媒の性能を高めるため白金を担持し、可視光照射下でのアセトアルデヒド分解試験を行った結果、白金を担持した酸化タングステンナノチューブは市販の酸化タングステンよりも3.5倍、窒素ドーピングTiO<sub>2</sub>よりも8倍高い可視光活性を示した。

次に、3次元に空孔を有するポーラスな樹状のWO<sub>3</sub>配向薄膜を合成し、この上に位置選択的に貴金属助触媒を担持することで可視光超親水化薄膜を開発することができた。金属タングステン基板を酸性水溶液中で水熱処理をおこない、基板に対して高度に配向したWO<sub>3</sub> nanotree 薄膜を合成し、光電着法によってパラジウム (Pd) 助触媒を担持した。光電着の際の照射波長を変化させることによって、Pd粒子を位置選択的に析出させることができた (図III-2-①-9)。

WO<sub>3</sub> nanotree 薄膜はラフネスが大きく元々超親水性であった。光触媒活性を調べるため、薄膜表面にオレイン酸をコーティングして疎水化させた後に、可視光を照射した場合の水接触角の変化を測定した。結果を図III-2-①-10に示す。Pdが底部に担持したWO<sub>3</sub> nanotreeの親水化活性が高く、可視光の照射で超親水化することがわかった。この薄膜の製造方法は簡便で、金属タングステンを溶媒中で加熱処理する水熱法によって大面積成膜も可能である。

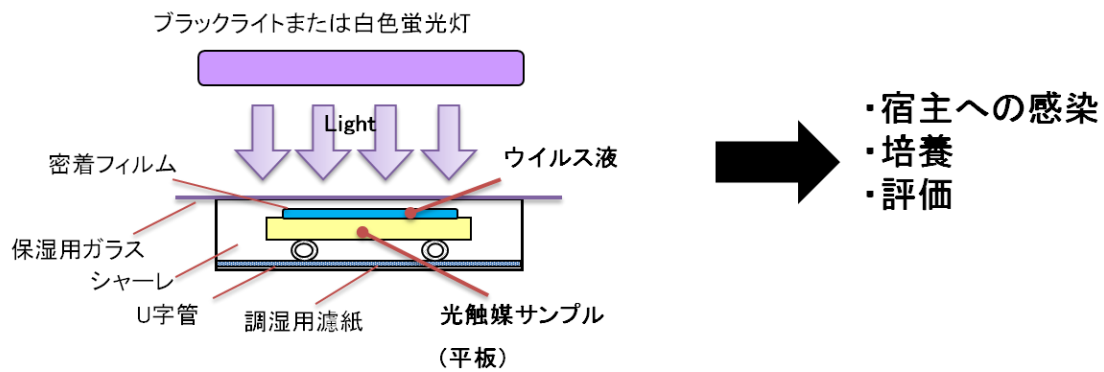


図III-2-①-10 Pd助触媒を担持したWO<sub>3</sub> nanotree 薄膜の親水化特性

### 1-8 抗ウイルス・抗菌性能評価方法の確立

抗菌評価方法 JIS R 1702 作成時に使用した標準サンプルである紫外光応答型光触媒を用いて、インフルエンザウイルスに対する抗ウイルス効果の検討を行った。試験方法は JIS R 1702(光照射下での光触媒抗菌加工製品の抗菌性試験方法・抗菌効果)を参考にし、菌液をウイルス液に変えて検討した(図III-2-①-11)。

また、光触媒反応による抗ウイルス効果は、宿主に感染後、細胞変性効果やプラークアッセイによって評価した。始めに、試験で使用するためのインフルエンザウイルスの調整方法の検討を行い、高純度に調製したウイルス液の作製方法を確立した。図III-2-①-12及び表III-2-①-3にその概要と結果を示す。

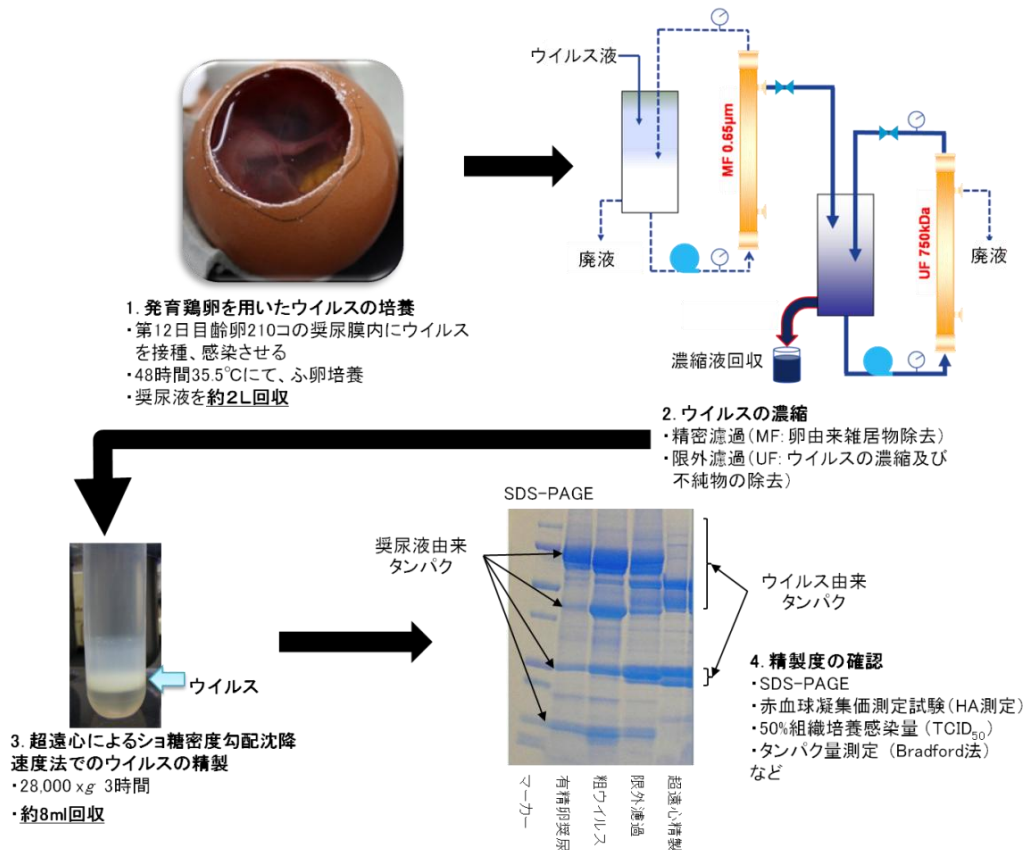


図Ⅲ-2-①-11 光触媒による抗ウイルス効果試験方法の概要

続いて、粗精製ウイルス液及び高純度に精製したウイルス液に対して、 $0.1 \text{ mW/cm}^2$  で8時間までの光触媒反応を行い、感染価の減少を確認した。その結果、どちらのウイルス液に対しても光触媒反応によって抗ウイルス効果が得られた。しかし、2種類のウイルス液の不活化効果には違いがみられ、粗精製ウイルス液ではウイルスの不活化効果が低い(1.5log程度)一方で、高純度に精製したウイルス液では十分な光触媒反応による不活化効果(8時間で4log)が得られた。図Ⅲ-2-①-12のSDS-PAGE部分及び表Ⅲ-2-②-3で示したように、粗精製ウイルス液中には多くの不純物が含まれていることから、十分な抗ウイルス効果が得られなかったと考えられ、インフルエンザウイルスを用いた抗ウイルス性能評価を行う際には、純度の高いウイルス液を使用することが重要と考えられた。

表Ⅲ-2-①-3 インフルエンザウイルスの精製

|      | Volume<br>(ml) | HA/ml   | Protein<br>(mg/ml) | HA/mg  | 精製度   |
|------|----------------|---------|--------------------|--------|-------|
| 奨尿液  | 1730           | 5,120   | 0.433              | 1.2E+4 | 100%  |
| 精密濾過 | 1850           | 5,120   | 0.301              | 1.7E+4 | 144%  |
| 限外濾過 | 60             | 204,800 | 1.840              | 1.1E+5 | 942%  |
| 超遠心  | 3.5            | 819,200 | 1.309              | 6.3E+5 | 5297% |

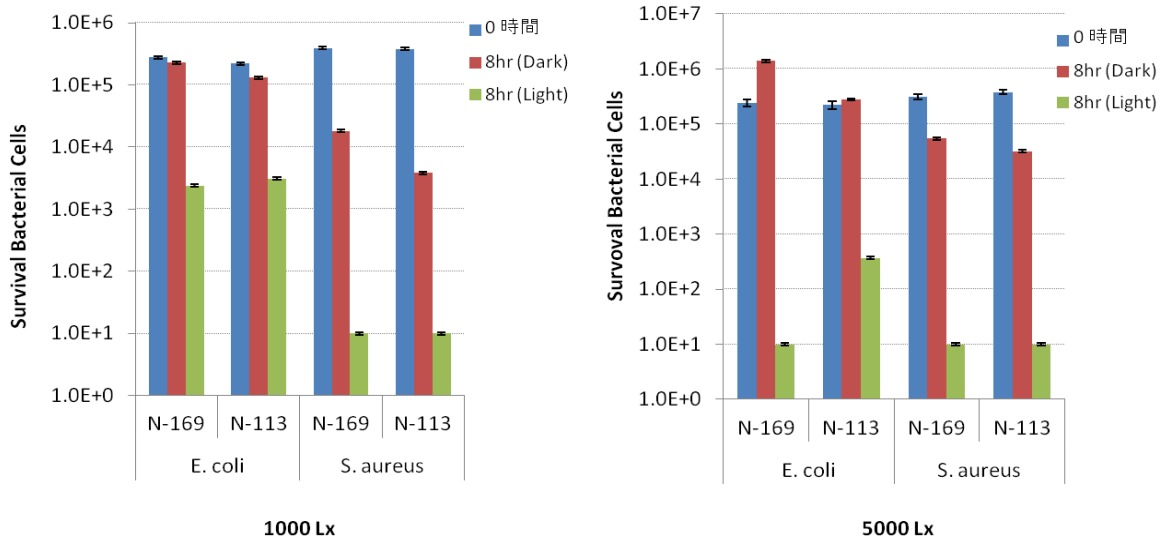


図Ⅲ-2-①-12 インフルエンザウイルスの濃縮および精製方法

病原性ウイルスを用いた試験を行う場合には人体に危険が伴うことや取り扱いのために特別な設備が必要である。そのため、抗ウイルス性能評価法を確立するためには人体に安全で取り扱い容易なモデルウイルスを使用することが重要であると考え、人には感染しないウイルスであるバクテリオファージの利用について検討した。実際に、Qβバクテリオファージを使用して紫外光応答型光触媒による抗バクテリオファージ効果について検討したところ、インフルエンザウイルスと同様に十分な不活化効果が得られることを明らかとした。

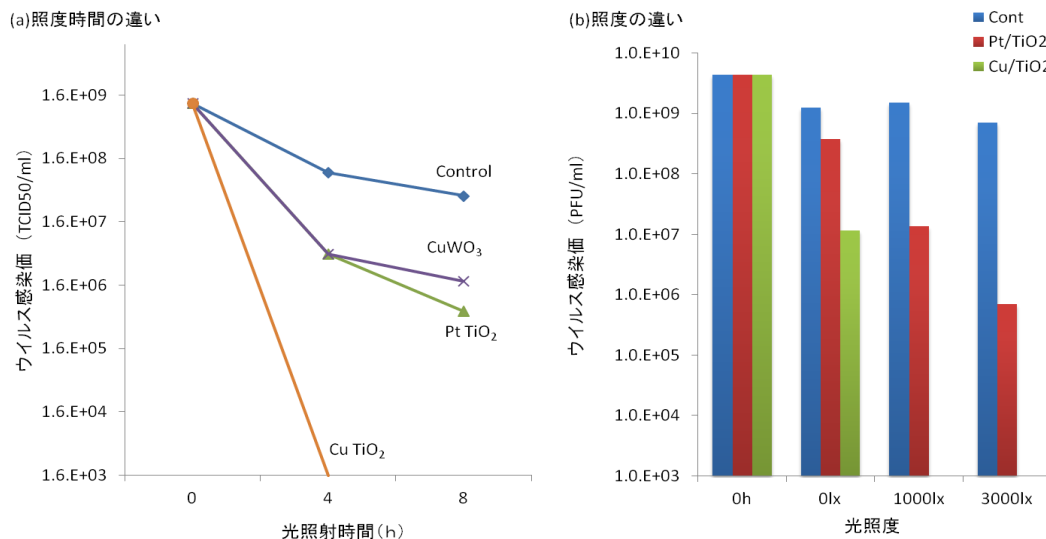
平板状の紫外光応答型光触媒について抗ウイルス効果及び抗菌効果についての検討を主に行っており、これらの効果の確認とともに抗ウイルス効果の評価試験法を確立した。可視光応答型光触媒に対しても、可視光を照射することで従来の紫外光応答型に比べても十分な抗菌効果(図Ⅲ-2-①-13)及び抗ウイルス効果(図Ⅲ-2-①-14)が得られることが確認出来た。

また、空気清浄機で使用されているフィルター状の形状をした光触媒による抗菌、抗ウイルス効果の性能評価方法が確立していないことから、その評価方法についての検討を行った。フィルター状の光触媒サンプルは複雑な構造をとるため、細菌液やウイルス液を単純にサンプル表面に接種する方法がとれない。そこで、フィルター状光触媒の評価方法の確立では、細菌液やウイルス液にフィルター型光触媒を一定時間浸漬し、その後、遠心操作によって余分な液を除去する方法を考案した。



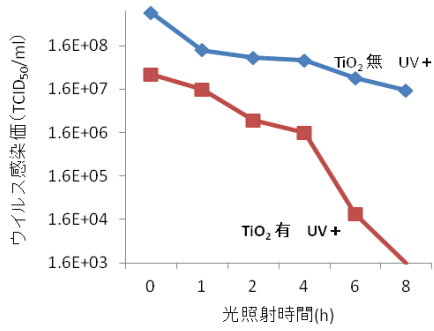
図Ⅲ-2-①-13 可視光応答型光触媒サンプルを用いた抗大腸菌および抗黄色ブドウ球菌効果  
 (a) 1000Lx 照射、(b) 5000Lx 照射  
 N-169 および N-113 フィルターを用いて、可視光のみ 8 時間照射

浸漬時間や遠心条件を確定した後に光触媒反応を行った結果、大腸菌、緑膿菌、黄色ブドウ球菌、肺炎桿菌、インフルエンザウイルス、Qβバクテリオファージのいずれについても、十分な不活化効果を得ることが出来た(図Ⅲ-2-①-15)。この結果から、本方法を用いてフィルター状の光触媒による抗菌・抗ウイルス効果の性能評価が可能となった。

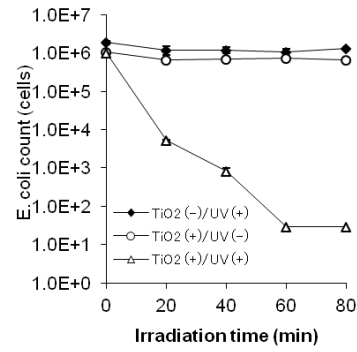


図Ⅲ-2-①-14 可視光応答型光触媒サンプルを用いた抗インフルエンザウイルス効果  
 (a) 照射時間による不活化効果の違い、(b) 照射度による不活化効果の違い  
 N-113 フィルターを用いて、可視光のみ照射

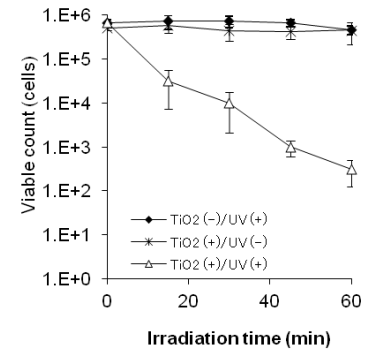
(a) インフルエンザウイルス



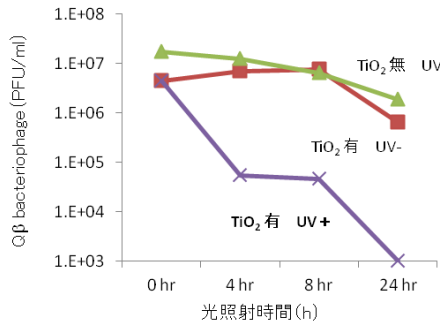
(c) 大腸菌



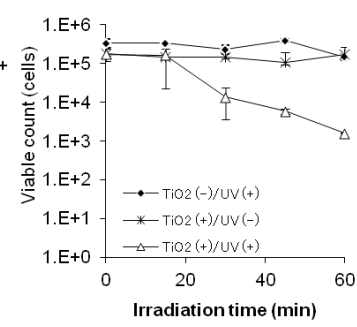
(e) 緑膿菌



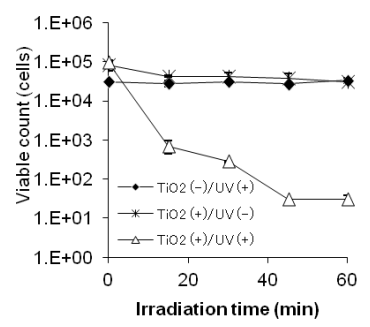
(b) Qβバクテリオファージ



(d) 黄色ブドウ球菌

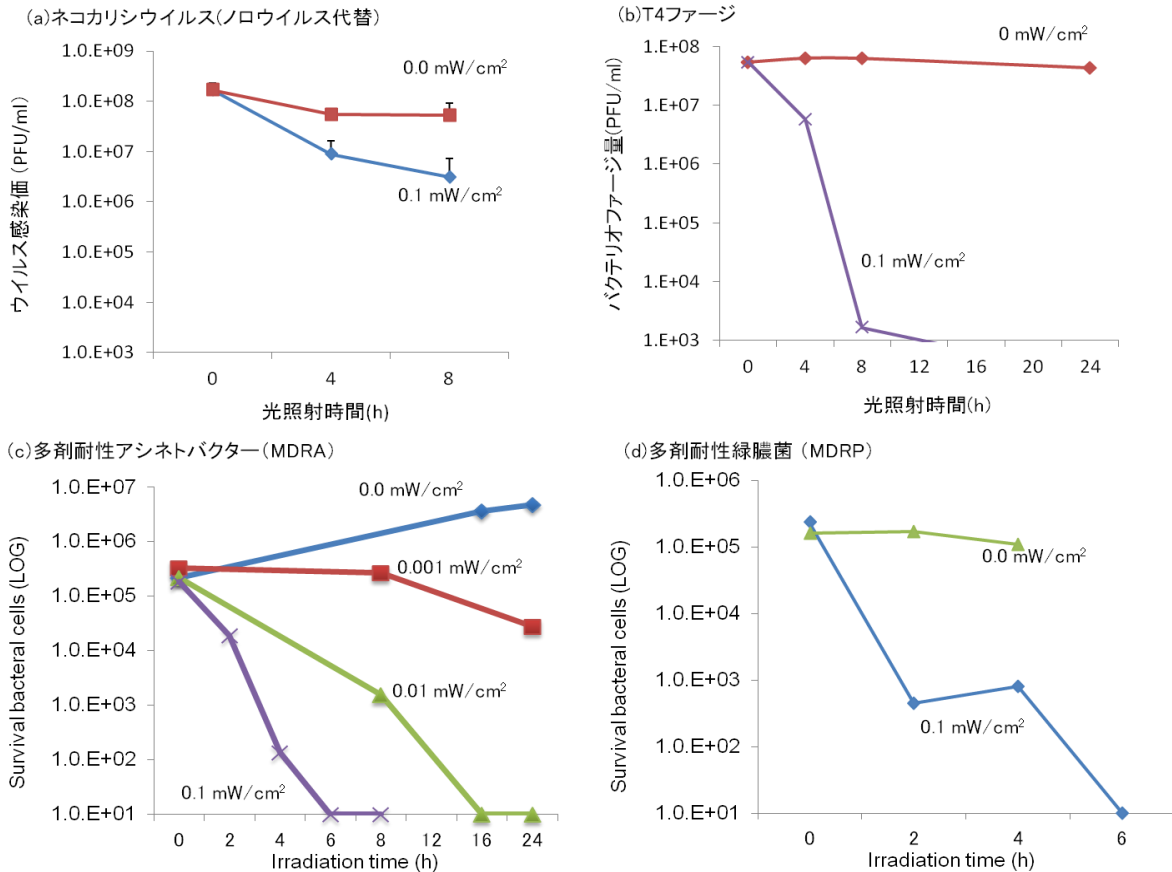


(f) 肺炎桿菌



図III-2-①-15 フィルター型光触媒による抗ウイルス効果および抗菌効果

(a) インフルエンザウイルス、(b) バクテリオファージ、(c) 大腸菌、(d) 黄色ブドウ球菌、(e) 緑膿菌、(f) 肺炎桿菌

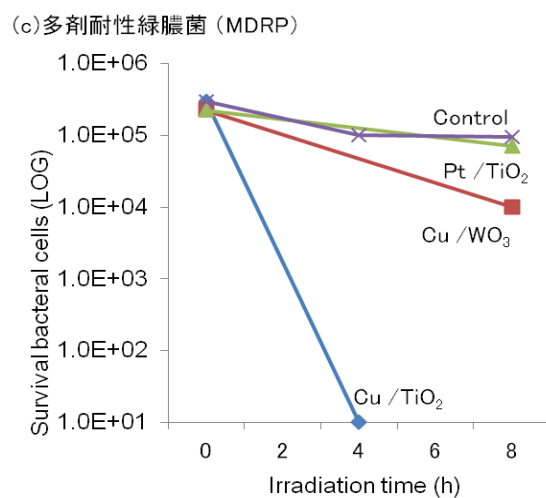
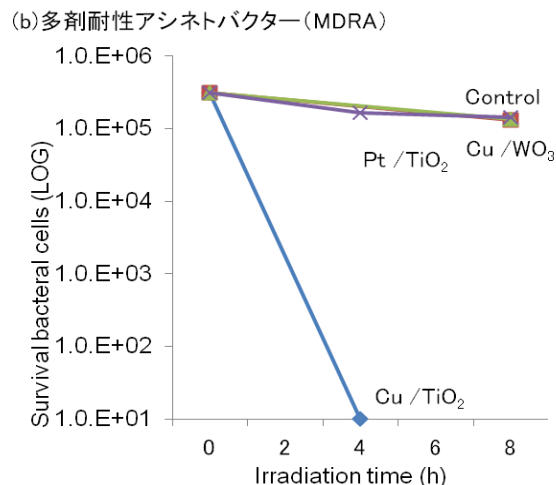
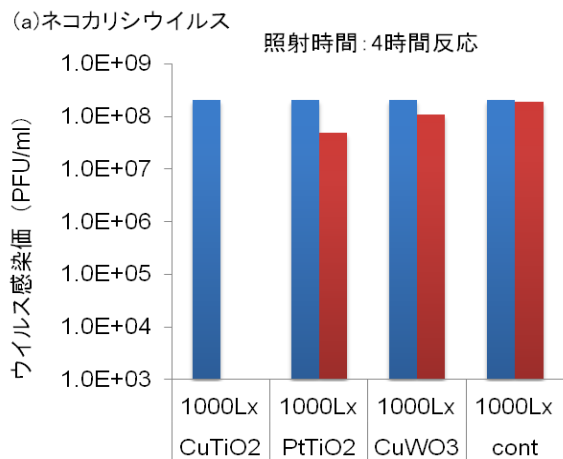


図Ⅲ-2-①-16 紫外光応答型光触媒による抗ウイルス効果および抗菌効果  
 (a) ネコカリシウイルス、(b) T4 ファージ、(c) 多剤耐性アシネトバクター、  
 (d) 多剤耐性緑膿菌

紫外光応答型光触媒を用いて光触媒反応を行った結果、使用したすべての細菌及びウイルスについて、十分な不活化効果を得た(図Ⅲ-2-①-16)。また、可視光応答型光触媒を用いた場合にも同様に十分な抗菌効果及び抗ウイルス効果を得られることを明らかとした(図Ⅲ-2-①-17)。

また、布状の紫外光応答型光触媒サンプルを用いて、抗ウイルス効果の検討を行い、抗ウイルス効果を確認した。この結果から、ガラス密着法によっても抗ウイルス効果を確認できることを明らかとし、抗ウイルス性能評価方法の試験法として利用することが可能と考えられた。

横浜市立大学附属病院及び北里大学病院で実証試験の許可が得られたことから、両病院内の外来(横浜市立大学附属病院)及び病棟(北里大学病院)にNEDOプロジェクト参画企業である株式会社積水樹脂技術研究所、TOTO株式会社、日本板硝子株式会社、パナソニック株式会社の4社が作成した可視光応答型光触媒製品サンプルを設置して、可視光応答型光触媒の実環境中における抗菌効果の検証を行った。その結果、場所や採集日時によって、効果に差異はあるものの、これらサンプルで十分な抗菌効果が得られていることが明らかとなった。また、環境中の細菌種の同定を行い、細菌の多くはブドウ球菌であることが分かった。



図Ⅲ-2-①-17 可視光応答型光触媒による抗ウイルス効果および抗菌効果  
 (a) ネコカリシウイルス、(b) 多剤耐性アシネトバクター、(c) 多剤耐性緑膿菌  
 1000Lx の照度で照射

横浜市立大学附属病院及び北里大学病院における実証試験で使用している各種サンプルについて、研究室レベルでの評価を目的として、実証試験サンプルについて、MRSA、レジオネラ、多剤耐性緑膿菌、多剤耐性アシネトバクター、インフルエンザウイルス、ネコカリシウイルス、ライノウイルスに対する光触媒反応の効果を検討した。その結果、程度に違いはあるが、各種細菌やウイルスに対して、光触媒反応によって十分な不活化効果を認めることが出来た。本プロジェクトで開発された可視光応答型光触媒は十分に実用化出来るものと考えられた。また、太陽工業株式会社より、テント生地に可視光応答型光触媒を塗布したサンプルの提供を受け、上記同様に抗菌及び抗ウイルス効果を確認した。

これまでにプロジェクトで開発された新規光触媒を様々な場所で使用すること及び新規光触媒製品の作成に携わる従事者の安全性を確認するために、安全性に関する試験を行った。対象として、本プロジェクトで開発された4種類の光触媒サンプル(抗ウイルスCu化合物、Fe系/TiO<sub>2</sub>、Cu系/TiO<sub>2</sub>、Cu系/WO<sub>3</sub>)を使用した。試験項目として、Ames試験、急性経口毒性試験、28日間反復経口投与毒性及び14日間回復性試験、皮膚刺激性試験、皮膚感作性試験の5試験をおこなった。その結果、すべての試験について安全性を確認することが出来た(表Ⅲ-2-①-4)。

本プロジェクト期間全体を通じて、紫外光応答型光触媒による抗ウイルス性能評価試験、可視光応答型光触媒による抗菌性能評価試験、可視光応答型光触媒による抗ウイルス性能評価試験の各試験について、標準化委員会へのデータの提出やラウンドロビン試験を随時行ってきた。これらの成果をもとにして、本年度は紫外光応答型光触媒を用いた抗ウイルス性能評価試験法(ISO及びJIS)、可視光応答型光

触媒を用いた抗菌性能評価試験法 (ISO 及び JIS)、可視光応答型光触媒を用いた抗ウイルス性能評価試験法 (ISO 及び JIS) の計 6 つの評価方法の原案を作成した。また、紫外光応答型光触媒による抗ウイルス性能評価試験法及び可視光応答型光触媒による抗菌性能評価試験法については ISO にて現在投票が開始されている過程にある (表 III-2-①-5)。

以上の事から、当初の研究計画項目について、計画通りに研究を進め、結果を得ることが出来た。また、本プロジェクト内の我々の主題である「紫外光応答型及び可視光応答型光触媒による抗ウイルス性能評価の確立」、「可視光応答型光触媒による抗菌性能評価試験方法の確立」について、予定通りに検討し、性能評価方法を作成することが出来た。

表 III-2-①-4 可視光応答型光触媒による安全性試験

|                    | 光触媒サンプル                   |                      |                      |                     |
|--------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
|                    | 抗ウイルスCu化合物                | Cu系/TiO <sub>2</sub> | Fe系/TiO <sub>2</sub> | Cu系/WO <sub>3</sub> |
| Ames試験             | 変異性無                      | 変異性無                 | 変異性無                 | 変異性無                |
| 急性経口毒性             | カテゴリー4                    | カテゴリー5               | カテゴリー5               | カテゴリー5              |
| LD <sub>50</sub> 値 | 300mg/kg以上<br>2000mg/kg以下 | 2000mg/kg以上          | 2000mg/kg以上          | 2000mg/kg以上         |
| 反復経口投与毒性           | 10 mg/kg/day              | 1000 mg/kg/day       | 1000 mg/kg/day       | 1000 mg/kg/day      |
| 皮膚刺激性GHS分類         | 区分外                       | 区分外                  | 区分外                  | 区分外                 |
| 皮膚刺激性分類            | 異常無                       | 異常無                  | 異常無                  | 異常無                 |
| 皮膚感作性              | 無                         | 無                    | 無                    | 無                   |

表 III-2-①-5 光触媒性能評価試験状況一覧 (JIS および ISO 化)

|           | 対象   | JIS                    | ISO                                 |
|-----------|------|------------------------|-------------------------------------|
| 紫外光応答型光触媒 | 細菌   | JIS R 1702             | 27447                               |
|           | ウイルス | 原案作成終了<br>(JIS R 170x) | 投票中 ISO TC206/WG37 N887             |
| 可視光応答型光触媒 | 細菌   | 原案作成終了<br>(JIS R 171X) | 投票中 TC206/SC N886<br>(ISO/CD 17094) |
|           | ウイルス | 原案作成終了<br>(JIS R 171z) | 原案作成終了<br>ISO TC206/WG37 N000       |

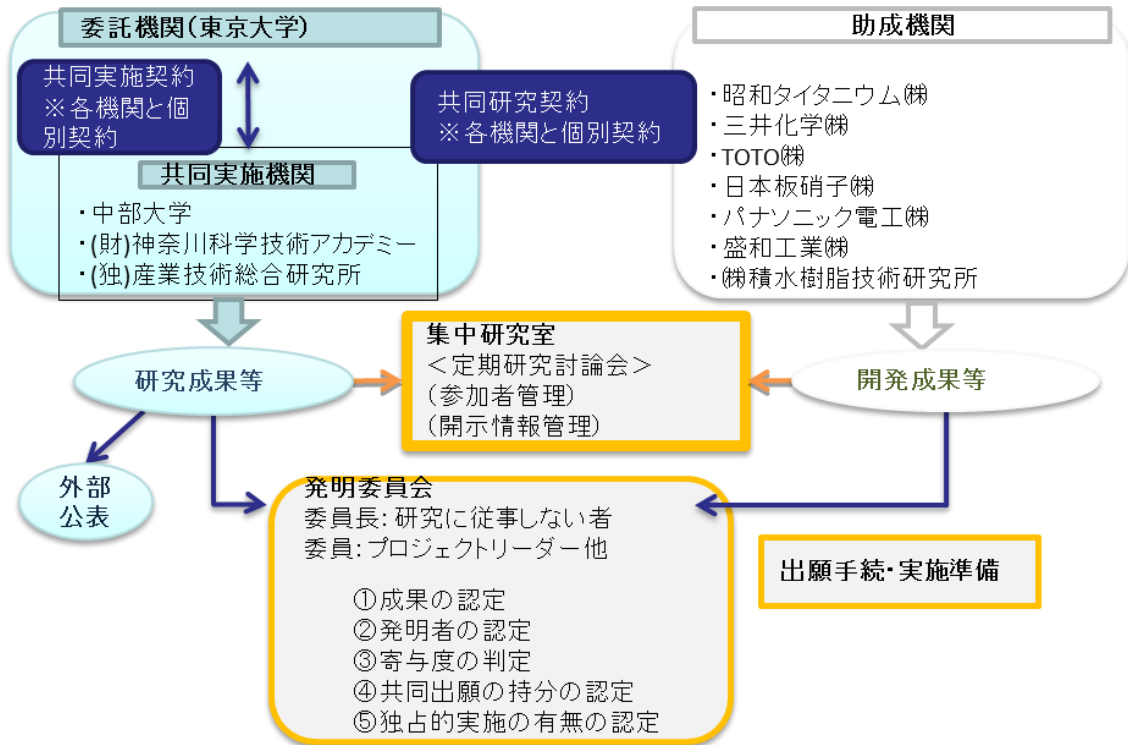


表Ⅲ-2-①-6 知財ポリシー

|  |
|--|
| <p><b>①特許をうける権利の帰属</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発明者主義により決定する</li> </ul> <p><b>②大学等と企業の共有特許</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第三者への許諾を認めることとし、不実施補償は徴収しない</li> <li>→ この場合の出願費用は企業負担とする</li> </ul> <p><b>③企業の独占的实施</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 共有者たる原料メーカー等の企業が独占的な実施を希望し、かつ当該企業の事業の実施において、独占的な権利を保有することが不可欠と考えられる場合には独占的に実施をすることを認め、大学等は不実施補償を徴収する</li> </ul> |
|--|

本プロジェクトでは、表Ⅲ-2-①-6 に示す知財ポリシーをプロジェクトメンバー相互の確認のもとに策定し、知的財産取扱規則、発明委員会規則を含む、「情報管理及び知的財産等に関する契約」を締結し、知的財産権の管理・運営を行った。また、東大は別途各機関ごとに共同研究実施契約を締結し、その他、1) プロジェクト内での実施許諾（各機関が保有する単独又は共有の知的財産権を第三者より不利にならない条件で実施可能）、2) 大学等による研究成果の公表等（関係機関へ事前通知後、許諾のあったものを公表）についても規定を策定し、情報管理を実施した。

さらに、図Ⅲ-2-①-18 に示すように発明委員会を設置し、プロジェクト内で発生した特許に関しては、①成果の認定、②発明者の認定、③寄与度の判定、④共同出願の持ち分の認定、⑤独占的实施の有無につき審議の上出願手続き・実施準備を進めるシステムを整備した。



図Ⅲ-2-①-18 知的財産管理フロー

## 研究開発項目② 光触媒基盤技術の研究開発

○昭和タイタニウム株式会社

### ●研究開発内容

本プロジェクトの中で、昭和タイタニウムは、②光触媒基盤技術の研究開発と、③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発に取り組んだ。

中間目標（平成 21 年度終了時達成目標）として、以下を設定した。

- 集中研究室や三井化学様と協力して、ラボレベルにおける活性度評価において、現状と比較して紫外光活性 1.3 倍以上、あるいは、可視光活性 3 倍以上の光触媒材料を開発する。量産化検討のターゲットとする材料を明らかにする。

さらに、最終目標（平成 23 年度終了時）として、以下の 3 つを設定した。

- 中間目標にて開発された高感度光触媒材料の量産化技術を確立し、市場に提供する。
- 上記高感度光触媒材料ないし、その技術が応用された最終製品が上市されていること。そのために、部材開発メーカーと協力し、最終製品開発に対して、素材開発メーカーの立場で可能な協力を行っていく。
- 最終年度に集中研究室にて開発されている、ラボレベルで上記中間目標以上の高感度光触媒材料について、その量産化検討に着手しており、平成 25 年度での量産化を目指していること。

さらに、平成 22 年度に、集中研究室から抗ウイルス性に優れた材料が提案されたことから、事業途中であるが、自主的に、以下の目標を追加して取り組んだ。

- 集中研究室と共同で抗ウイルス性能に優れた材料を開発し、実証実験へ材料を提供する。
- 実証実験に参加している部材開発メーカーと共同で、抗ウイルス性を訴求する最終製品を 1 つ以上提案する。
- プロジェクト終了時に、抗ウイルス性材料の量産化検討に着手しており、平成 25 年度での量産化を目指していること。

本プロジェクトの光触媒高感度化の最終目標は、「ラボレベルにおける活性度評価において現状と比較して紫外光活性 2 倍、可視光活性 10 倍」である。平成 21 年度終了時において、既に、十面体酸化チタンが紫外光活性 2 倍を、Cu/WO<sub>3</sub> が可視光活性 10 倍を、それぞれ達成していた。

十面体酸化チタンについては、量産検討用のパイロットプラントを建設し、稼働させることで、ある程度の量産性を確立した。さらなる生産性向上と、安定生産を目指し、検討を継続する。十面体酸化チタンについては、空気清浄機のフィルター原料として好適であることが期待されているが、プロジェクト期間内に、その性能について確認することはできなかった。今後、空気清浄機メーカーと共同で、これらの性能確認を行っていく。

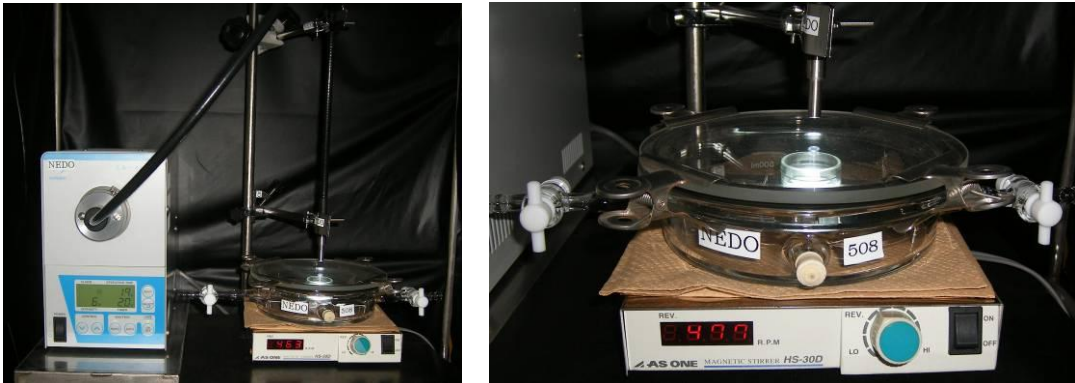
Cu/WO<sub>3</sub> は、量産検討用のパイロットプラントを建設し、既に、10kg/日以上での量産性を確認している。最終製品としては、(株)積水樹脂技術研究所様から、Cu/WO<sub>3</sub> をコーティングした建材パネルの開発が目処がついている。また、盛和工業(株)様では、可視光 LED を光源とした光触媒空気清浄機を開発され、一部で試験的な使用を行っている。他にも、日本曹達(株)様にて、密着性の良いコート剤に提供している。今後、このコート剤を適用した最終製品の開発にも、協力していく予定である。

集中研究室にて開発された、高感度材料（抗ウイルス材料を含む）としては、Fe 修飾酸化チタンと、Cu 修飾酸化チタンがある。これらの量産化検討には既に着手している。ラボスケールでは、5L 反応器での製造に成功している。したがって、部材メーカー様からご要望があれば、量産し、ご提供することは可能と考えている。また、部材メーカー様と共同で、最終製品開発にも着手している。それらについては、一部を実証実験にて使用し効果の検証を行っている。最終製品が上市できている段階にまでは到らなかったが、それに近い段階には到っている。

## 研究開発成果

### (1) 光触媒活性の評価方法の検討・習得（平成19年度～平成20年度）

- バッチ式評価に必要な設備を導入した。東京大学先端科学技術研究センター 橋本研究室で行っているのと同様の評価ができるよう、キセノン光源、評価用チャンバーなどを購入した。



図III-2-②-1 東京大学と同様のバッチ評価用装置（キセノン光源&チャンバー）

- アセトアルデヒドの分解反応で光触媒活性を評価する際に、アセトアルデヒドの初期濃度を正確に仕込む必要があるが、これが難しい。北海道大学 大谷研究室で行っている、アセトアルデヒドを凍結させ、真空脱気した後に、アセトアルデヒドを気化させ、100%のアセトアルデヒドガスを得る方法を導入した。この方法によって、アセトアルデヒドの初期濃度を安定させることができた。ただし、毎回この手法を用いるのは煩雑なので、アセトアルデヒド標準ガスを使用することとした。
- アセトアルデヒド分解反応以外に、イソプロピルアルコール分解反応、トルエン分解反応、アンモニア分解反応でも、光触媒活性が測定できるようにした。その際の検出器として、当社で保有していた、光音響マルチガスモニターの機能を拡張し、上記の評価に対応できる装置とした。



図III-2-②-2 光音響マルチガスモニター（本体）



図III-2-②-3 マイクロGC（本体）

- 平成19年8月20日に開催されたプロジェクト内の定例研究討論会において、各企業・研究グループでの光触媒活性評価法に統一したものを導入するため、同一の標準触媒を測定することが決定した。この標準触媒として、当社の「スーパータタニア®F-6」を使用することが決まった。そこで、このサンプル10kgを大型のミキサーで機械的に激しく攪拌、混合して、同一ロット化して、各企業・研究グループへ配布した。
- 上記討論会において、可視光活性評価用標準サンプルとして、Nドーパ TiO<sub>2</sub>を、当社にて大量調製し、プロジェクト内に配布することとなった。まずは、橋本先生と相談しながら、大量調製に適したNドーパ TiO<sub>2</sub>調製法について検討し、液相法での調製が適当であると判断した。100g/バッチの反応を13バッチ行い、合計1300gのサンプルを調製した。このサンプルを、橋本研究室にて評価していただき、標準的なNドーパ TiO<sub>2</sub>並みの可視光活性が得られることを確認した。これを、平成20年10月に、プロジェクト内に配布した。サンプル名は、「HP-N08」と命名した。
- 流通式の光触媒活性評価ができるように、JIS R 1701-1「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1部:窒素酸化物の除去性能」で規定されているアクリルチャンバーを購入した。

- ドラフト・チャンバー内に、流通型評価装置を製作した。マスフローコントローラーと、流通型アクリルチャンバー（JIS R1701-2:2008 準拠品）の組合せで製作した。光触媒存在下、アセトアルデヒドガスが紫外線照射下にてCO<sub>2</sub>に分解されることが、流通型評価において確認できた。これによって、JISに準拠した活性評価を行うことができるようになった。
- 少し大きな規模で、光触媒活性試験ができるように、20L小型ガスチャンバーを購入した。このガスチャンバーは、バッチ式でも流通式でも使用することができる。



図Ⅲ-2-②-4 流通式光触媒活性評価用アクリルチャンバー



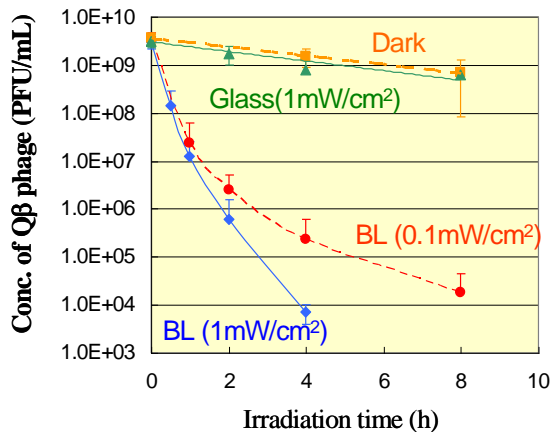
図Ⅲ-2-②-5 20L窓付き小型チャンバー



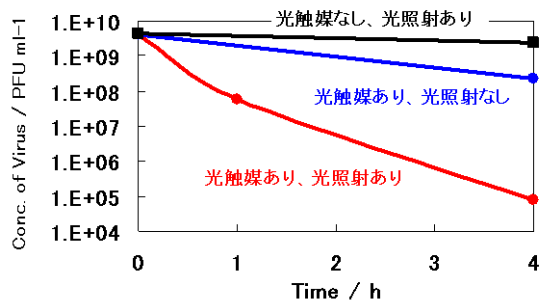
図Ⅲ-2-②-6 マスフローコントローラーと流通型アクリルチャンバーを組み合わせた、流通型評価装置

#### (2) 光触媒活性の評価方法の検討 抗ウイルス性能評価（平成21年度）

- 平成21年度に、計画外で、光触媒の抗ウイルス性能の評価の必要性が生じてきたので、これに取り組んだ。
- 東京大学の集中研究室にて、抗ファージ性能評価ができるようになったので、FP-6の抗ファージ性能を評価した。FP-6は、光触媒空気清浄機のフィルター原料として使用されている材料であるが、UV照射下にて、抗ファージ性能が確認された。その他の材料については、当社から各種原料を供給し、東京大学にて、測定していただいている。その結果、後で述べるCu/WO<sub>3</sub>（HP-CW091シリーズ）は、可視光照射下での抗ファージ性能を確認した。



図Ⅲ-2-②-7 FP-6 塗布ガラスの抗ウイルス性能 (ブラックライト照射)



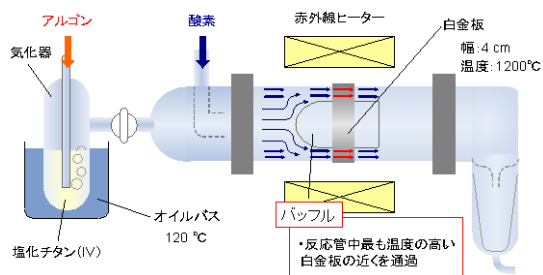
ウイルス濃度 5桁減少！！

図Ⅲ-2-②-8 Cu/WO<sub>3</sub>の抗ウイルス性能 (UV カット蛍光灯 800Lux 照射)

(3) 制御因子と光触媒活性との相関検討 十面体酸化チタンの合成検討

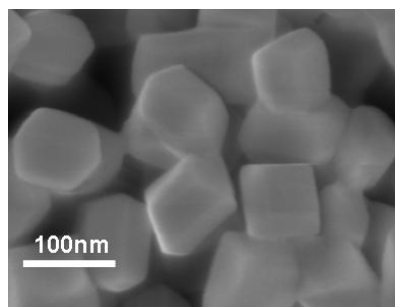
(平成 19 年度～平成 21 年度)

- 気相法による十面体酸化チタンの合成検討を行った。本検討は、プロジェクト開始以前から、北海道大学 大谷文章教授との共同研究として行ってきたものである。事前に、北海道大学にて、急加熱急冷却できる反応装置から十面体が得られること、この「急加熱急冷却」を実現するための手段として、赤外線ゴールドイメージ炉 (アルバック理工株式会社製) が有効であることが明らかになっていた。

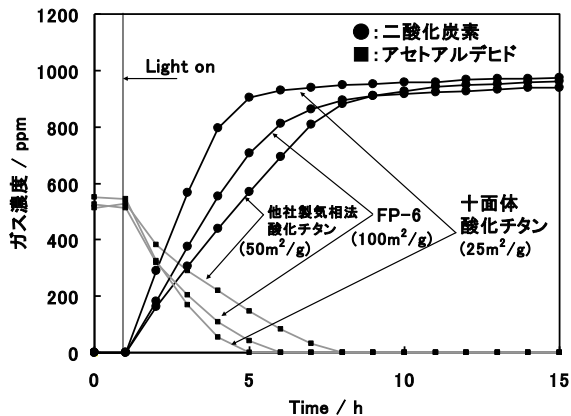


図Ⅲ-2-②-9 北海道大学から導入した装置の概略図

- まずは、北海道大学と同等の装置を導入し、十面体が得られることを確認した。北海道大学の装置を、量産化検討しやすいように、原料フィード系、生成物捕集系を改造した。改造した装置でも、十面体酸化チタンが得られることを確認した。また、得られた十面体酸化チタンは、他社製の気相法酸化チタンと比較して、アセトアルデヒドの気相分解反応において、光触媒活性が 1.5 倍程度であることを確認した。



図Ⅲ-2-②-10 本検討で得られた十面体酸化チタンの SEM 写真



図III-2-②-11  
 気相法酸化チタンによるアセトアルデヒドの分解活性試験  
 光源：キセノンランプ (0.2mW/cm<sup>2</sup>)、  
 500cm<sup>3</sup>ガラス製チャンバー、酸化チタン 20mg (内径 28mm  
 シャーレー底面に水にて分散後、乾固)、25℃、相対湿度  
 50%

- 平成 21 年度から、十面体量産のためのパイロット設備の設計に着手した。当社の気相法合成技術を駆使して、十面体酸化チタン量産検討用のパイロット設備を建設した。平成 22 年 1 月に、このパイロット設備を完成させた。

#### (4) 制御因子と光触媒活性との相関検討 液相法による各種酸化チタンの合成検討

(平成 19 年度～平成 20 年度)

- 液相法で合成した、ルチル、アナターゼ、ブルッカイトの各結晶を含む粒子について、結晶性を高めるために、水熱処理の検討を行った。まず、水熱処理ができるように、高圧用反応分解容器と強制対流式乾燥器を購入した。そして、鋭意検討を行った結果、XRDによるピーク強度は高くなっており、結晶性が高まることを確認した。また、アナターゼやブルッカイトでは、結晶性が高まるほど、光触媒活性が高くなる傾向が認められた。一方、ルチルは、結晶性が高まると共に、比表面積が低下し、光触媒活性も低下する傾向であった。



図III-2-②-12 水熱処理で使用した高圧用反応分解容器 (100mL×4 個、右下) と、強制対流式乾燥器 (左)

#### (5) 制御因子と光触媒活性との相関検討 酸化チタンの解析方法の検討

(平成 19 年度～平成 20 年度)

- 酸化チタンには、ルチル、アナターゼ、ブルッカイトの 3 つの結晶形が知られているが、粒子の中でのこれらの結晶形の含有量を定量するのは容易ではない。特に、アモルファス成分が含まれるため、XRDチャートにおいて、アモルファスをどう扱うかが問題となる。当社は、高感度 XRD 装置を所有している。この装置を使用し、NiO を内部標準物質として使用し、リートベルト解析で、上記の定量を可能にした。測定原理上、精度に限界はあるが、開発の目安程度には使用できると判断した。この手法は、この後、可視光応答型光触媒開発の

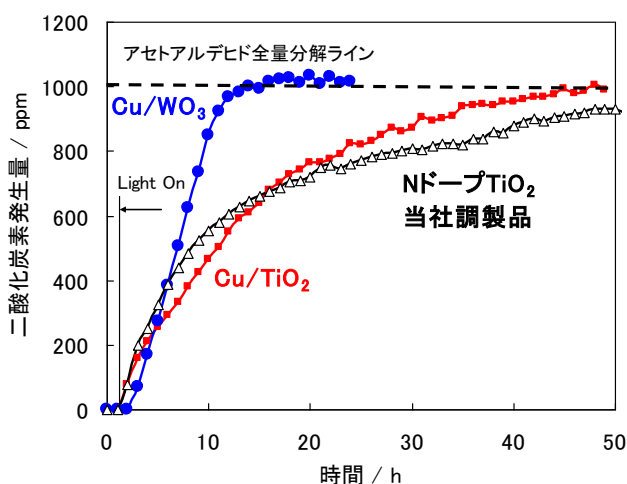
際のベース酸化チタンの同定時に利用した。

- 十面体酸化チタンに代表されるように、当社では酸化チタンの粒子形状制御、粒径制御技術を高め、これらをベースとした高感度光触媒材料の開発を行ってきた。これらについて正しく評価を行うために、FE-SEMを導入した。本機は、プロジェクト期間中、当社の開発の有力なツールとなった。

#### (6) 高感度化検討、可視光応答化検討 銅イオン修飾酸化タングステンの検討

(平成 20 年度～平成 21 年度)

- 東京大学や産総研にて開発された、Cu/WO<sub>3</sub> 可視光応答光触媒について、当社にて量産化検討を行うこととし、平成 20 年 6 月から検討に着手した。
- WO<sub>3</sub> は、価格、製造技術、開発スピードなどを勘案し、自前での調製ではなく、外部メーカーから調達することとした。
- 当社にて調製した Cu/WO<sub>3</sub> が、可視光下、アセトアルデヒド分解反応において高活性であることを確認した。また、東京大学にて、2-プロピルアルコールの分解活性評価でも高活性であることを確認した。これによって、本プロジェクトの目標の一つ、「可視光応答型光触媒で、従来品の 10 倍以上の活性」を持つ光触媒の開発に成功した。
- ラボスケールにおいて、徐々にスケールアップ検討を行い、5 L 反応器にて、高感度 Cu/WO<sub>3</sub> が得られることを確認した。これにより、既設のパイロット設備を利用すれば、10kg/日の生産が行えると判断した。
- 平成 21 年 1 月に、10kg ほど量産し、プロジェクト参画研究機関・企業に配布した。サンプル名を「HP-CW091」と命名した。本件に関して、平成 21 年 1 月 28 日に、NEDO からプレスリリースがなされた。



図Ⅲ-2-②-13

可視光応答光触媒活性比較

測定条件

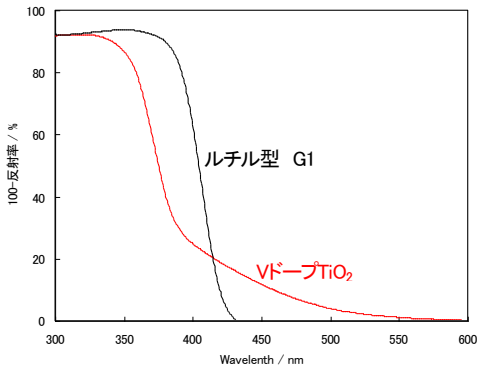
- ・500mL ガラス製チャンバー
- ・触媒量 0.3g、受光面積 約 5.7cm<sup>2</sup>
- ・光源：キセノン光+Y-44 フィルター  
100,000 ルクス
- ・初期アセトアルデヒド濃度：500ppm
- ・相対湿度 50%@25℃

#### (7) 高感度化検討、可視光応答化検討 銅イオン修飾酸化チタンの検討

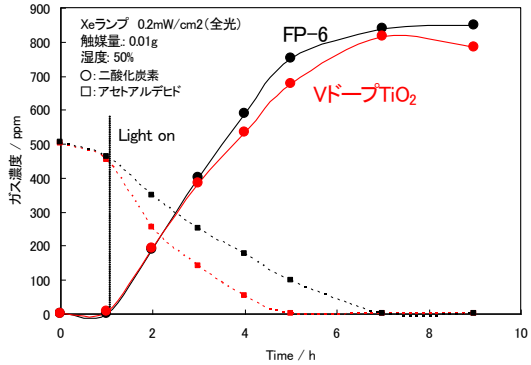
(平成 20 年度～平成 21 年度)

- 平成 19 年度に東京大学から提案された Cu/TiO<sub>2</sub> 可視光応答光触媒について、平成 20 年度から、当社での検討に着手した。
- 当社にて調製できる、種々の結晶形の TiO<sub>2</sub> に Cu イオン修飾を行い、可視光活性を測定した。当社での検討では、東京大学において高活性であったルチル形よりも、ブルッカイト形を含む結晶形の TiO<sub>2</sub> をベースとした方が、良好であった。アニール処理を行い、結晶性を高めたところ、さらに活性が向上し、当社にて調製した N ドープ TiO<sub>2</sub> (HP-N08) とほぼ同等の活性を有する光触媒を得た。
- 集中研究室から、TiO<sub>2</sub> への V ドープや W ドープが有効であるとの報告を受けた。これを受けて、気相法での TiO<sub>2</sub> 合成過程において、V や W をドープすることを検討した。得られた粒子は、十面体形状のアナターゼ結晶ながら、わずかに着色を帯びていた。UV 光下での光触媒

活性が低下していないにもかかわらず、わずかながら可視光下での光触媒活性も確認された。しかしながら、Cu イオン修飾による可視光活性の向上が認められなかったため、実用性能には至っていない。W ドープについては、ゾルゲル法での TiO<sub>2</sub> 調製時に W を共存させる方法や、TiO<sub>2</sub> に W を修飾し焼成する手法などを検討したが、残念ながら、集中研究室で得られている物以上に良好なものは得られなかった。なお、SPring-8 での XAFS 解析により、W ドープの際には、電荷補償のための Ga ドープが重要であることを示した。これらの検討については、このあと、Fe 修飾酸化チタンなどの成果が得られてきたため、ここでペンディングとした。

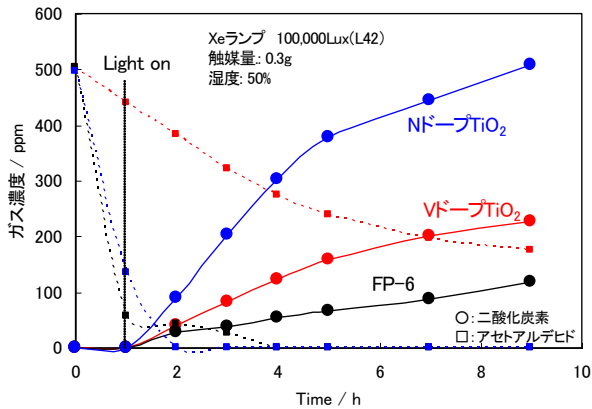


図III-2-②-14  
気相法 V ドープ TiO<sub>2</sub> の核酸反射スペクトル  
黒線は、ルチル型 TiO<sub>2</sub> (スーパータイタニア® G1)



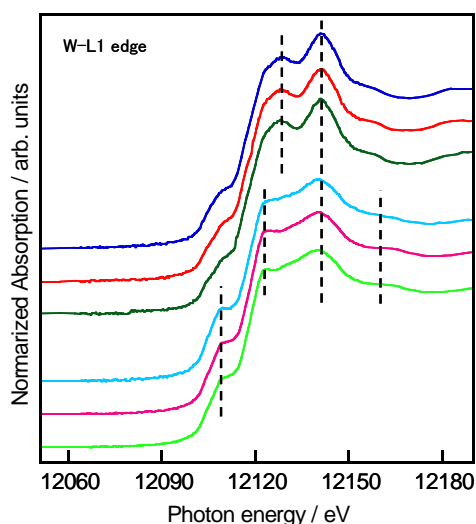
図III-2-②-15  
Xe ランプ照射下でのアセトアルデヒド分解試験  
評価条件 光源:キセノンランプ 0.2mW/cm<sup>2</sup>、ガラス製 500mL チャンバー、光触媒量: 10 mg (内径 27mm シャーレ内)、室温、相対湿度 50% @ 25°C

V ドープ TiO<sub>2</sub> は、FP-6 と同等の活性を示している。



図III-2-②-16  
可視光照射下でのアセトアルデヒド分解試験  
評価条件 光源:キセノンランプ+L-42 フィルター 100,000Lux、ガラス製 500mL チャンバー、光触媒量: 300 mg (内径 27mm シャーレー内)、室温、相対湿度 50% @ 25°C  
可視光下では、FP-6 よりは高活性だが、N ドープ TiO<sub>2</sub> に及ばない  
V ドープ TiO<sub>2</sub> に Cu イオン修飾を行ったが、可視光下での活性は向上しなかった。





- W,Ga\_dope\_TiO<sub>2</sub>: 出発原料: MT150A Wドーピング量: 3mol%
- W,Ga\_dope\_TiO<sub>2</sub>: 出発原料: FP-6Wドーピング量: 3mol%
- W,Ga\_dope\_TiO<sub>2</sub>: 出発原料: NTR Wドーピング量: 3mol%
- W\_dope\_TiO<sub>2</sub>: 固相法950°C焼成: Wドーピング量: 3mol%
- リファレンスサンプル: アライド社製WO<sub>3</sub>
- リファレンスサンプル: アライド社製WO<sub>(3-x)</sub>

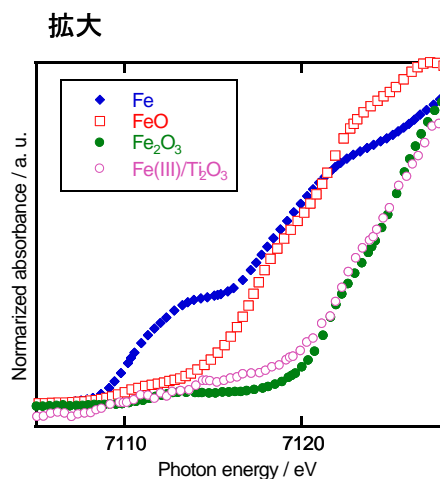
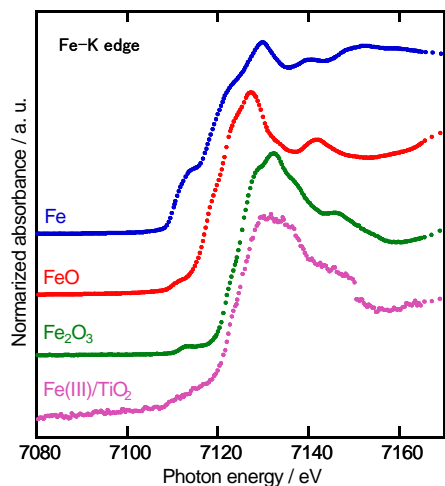
図Ⅲ-2-②-17 SPring-8でのW,Ga共ドーピングTiO<sub>2</sub>のXAFS解析

Gaを共ドーピングしたものは、WがTiO<sub>2</sub>内に取り込まれていることが示唆されるが、W単独ドーピングではWO<sub>3</sub>と同様の状態であり、TiO<sub>2</sub>に取り込まれていない。

(8) 高感度化検討、可視光応答化検討 鉄イオン修飾酸化チタンの検討

(平成20年度～平成21年度)

- 集中研究室にて、鉄イオン修飾酸化チタンが良好であることが報告された。平成21年度に、追試を試みた。集中研究室と同等の結果が、すぐに得られた。
- 鉄イオン修飾酸化チタンのFeの状態について、SPring-8にてXAFS解析を行った。その結果、TiO<sub>2</sub>上のFe種は、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と異なることが判明した。おそらく、FeO(OH)に近い構造であろうと類推している。本成果については、東京大学、山梨大学との共著論文 (*J. Phys. Chem. C*, 2010, 114(39), 16481) として発表された。



図Ⅲ-2-②-18 SPring-8での、鉄修飾酸化チタンのXAFS解析結果

- 集中研究室で得られた、Fe修飾TiO<sub>2</sub>は、ベースTiO<sub>2</sub>として他社製のルチル型酸化チタンを、結晶性を高めるために950°Cで焼成したものを使用していた。これでは、焼成工程が煩雑であり、実用的でない。当社が製造している「スーパータイタニア®」シリーズから適当なTiO<sub>2</sub>を探したところ、F-1R(一次粒子径 約90nm、ルチル型 約90%含有)が最適なベースTiO<sub>2</sub>であった。集中研究室にて得られたFe修飾TiO<sub>2</sub>の最高活性品には及ばないが、それに準ずる程度の活性を示すことが明らかとなった。
- この、Fe修飾TiO<sub>2</sub>(スーパータイタニア® F-1R)を、500gスケールにて調製し、1kg程度を得た。これが、可視光応答性を有することを確認した後に、プロジェクト内にサンプルと

して配布した（平成 22 年 1 月）。結果的には、各社での実用性評価結果は芳しくなく、さらなる高性能化が必要であるとの結論に到った。

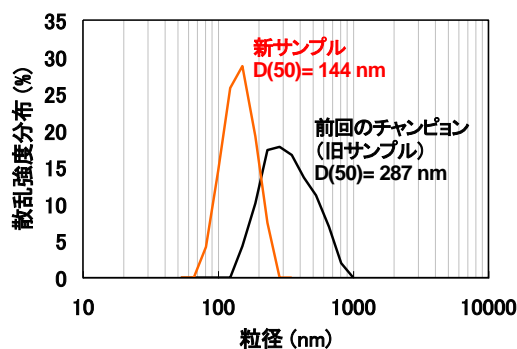
#### （9）光触媒製品開発のサポート 空気清浄機用フィルター開発への協力

（平成 20 年度～平成 21 年度）

- ホクエイ様、盛和工業様と共同で、光触媒空気清浄機用フィルターの高性能化検討を行った。当社の気相法で製造している FP-6 が、セラミックフィルター原料として好適であることが明らかとなった。FP-6 を原料としたフィルターは、従来品と比較して、アセトアルデヒド分解試験の活性が良好であること、分解試験後の残留臭気が少ないことが明確になった。
- 神奈川科学技術アカデミー 窪田 G、盛和工業様と共同で、抗菌フィルターの開発に着手した。光触媒セラミックフィルターに銅を担持する工程の検討を当社にて担当した。各種の担持方法で、銅を修飾したセラミックフィルターを、両者に提供した。結果は、両者の報告をご参照いただきたい。

#### （10）コーティング技術に関する改良（平成 21 年度）

- Cu/WO<sub>3</sub>については、積水樹脂技術研究所様にて、コート剤化の検討に着手いただいた。積水樹脂技術研究所様では、当社の粉末のサンプルにて、コート剤化の検討をしていただいた。また、プロジェクト内企業にヒアリングしたところ、アルコール系溶剤への分散スラリーへの要望が多いことがわかった。そこで、アルコールに分散させた状態で粉碎処理しスラリー化することを検討し、ある程度分散できる条件を見出した。この状態で活性も維持されていたので、プロジェクト内各社へサンプルを提供した。



BET 比表面積  
HP-CW091: 9m<sup>2</sup>/g  
旧サンプル: 18m<sup>2</sup>/g  
新サンプル: 39m<sup>2</sup>/g

図Ⅲ-2-②-19 解砕条件検討サンプルの粒度分布と BET 比表面積

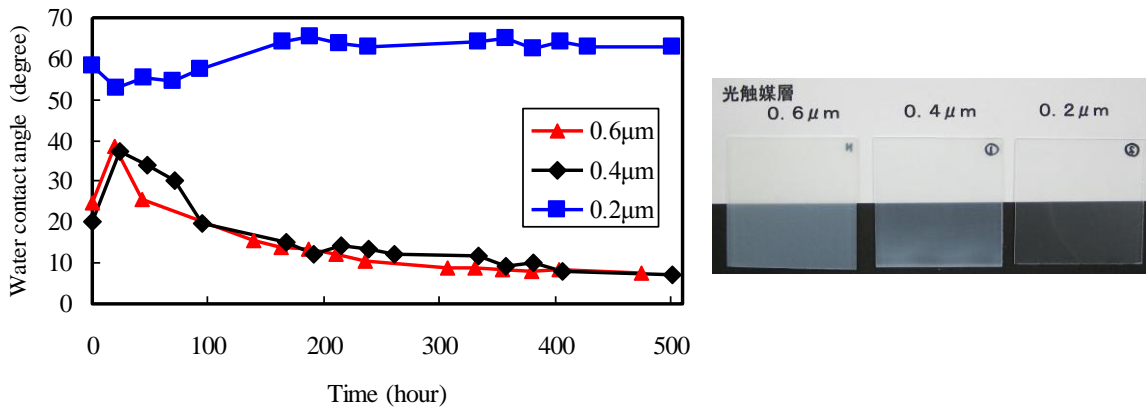
新サンプルは、平均粒子径が半分、BET 比表面積が約 2 倍。

#### （11）銅イオン修飾酸化タングステンの量産化検討（平成 22 年度～平成 23 年度）

- 銅イオン修飾酸化タングステンについては、プロジェクト終了までに、10kg/日以上での量産体制を確立し、市場に供給することを目標とした。すでに、平成 22 年度 1 月時点で、酸化タングステンへの銅イオン修飾工程については、量産性が確認できていた。よって、平成 22 年度は、それ以降の、固液分離から乾燥・粉碎工程、および、廃水処理工程について、検討を行った。
- 平成 23 年 8 月に、銅イオン修飾酸化タングステンの量産化検討用パイロット設備（名称「2P プラント」）が、完成した。
- その後、安全面、操作性の面での改良を行いつつ、量産試験を行った。1 バッチ 10kg の製造で、すでに 10 バッチ以上の試験運転を行っているが、いずれもラボ合成品と同等のアセトアルデヒド分解活性、及び、抗ファージ活性を有していることを確認した。光触媒活性については、他社においてもご評価いただき、量産試作品とラボ合成品が同等であることを確認していただいた。また、工程から排出される廃水についても、当社工場内の廃水処理工程によって、環境へ負荷をかけない水準になっていることを確認した。これによって、10kg/日以上での量産性の確立という目標を達成した。プロジェクト終了時において、適用技術検討に必要なサンプルの提供は、十分に行える能力を備えている。

(12) 銅イオン修飾酸化タングステンの適応化技術検討 (平成22年度～平成23年度)

- Cu/WO<sub>3</sub>原料のコート剤開発において、積水樹脂技術研究所様にて、コート剤化に成功した。プロジェクト外でのコート剤化検討については、日本曹達様がコート剤化に成功された。



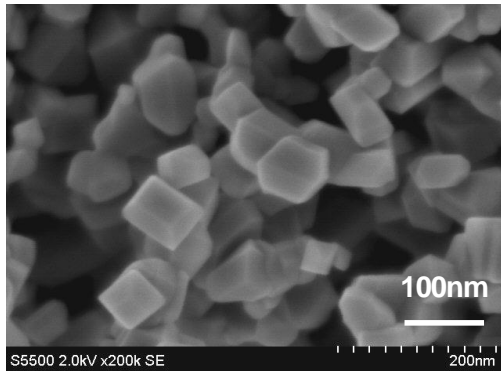
図Ⅲ-2-②-20 日本曹達様にて開発された Cu/WO<sub>3</sub> コート剤の膜性能

右写真の膜に、オレイン酸 2mg/100cm<sup>2</sup> を塗布し、可視光下での親水化挙動を調べた。膜厚が 0.4 μm 以上では、オレイン酸を分解し、親水化していることがわかる。

光源：東芝製蛍光灯「メロウホワイト」FL20SS-N/18 2本使用+N113 フィルター (λ>400nm) 20,000Lux

(13) 十面体酸化チタンの量産化検討 (平成22年度～平成23年度)

- 平成22年1月に、十面体酸化チタン製造用パイロット設備が完成し、同3月までに稼働させるに至ったが、この時点では、この設備から十面体酸化チタンを取り出すことはできなかった。平成22年度は、この設備を稼働させ、十面体酸化チタンを得、サンプルワークを行うことを目標として取り組んだ。
- パイロット設備によって十面体酸化チタンを得る反応条件の検討を行った結果、FE-SEMでの観察において、十面体形状の酸化チタンを150g/h rの生産性で得ることに成功した(平成22年12月)。この十面体酸化チタンは、アセトアルデヒド分解活性がFP-6の1.3倍、ルチルの含有率が約10%であった。ラボ機で得られた十面体酸化チタンで最も良好なものが、アセトアルデヒド分解活性がFP-6の1.5倍、ルチルが0%であった。よって、ルチルの含有量を低下することができれば、より高い光触媒活性を持ち、きれいな十面体形状の粒子が得られるものと推定された。

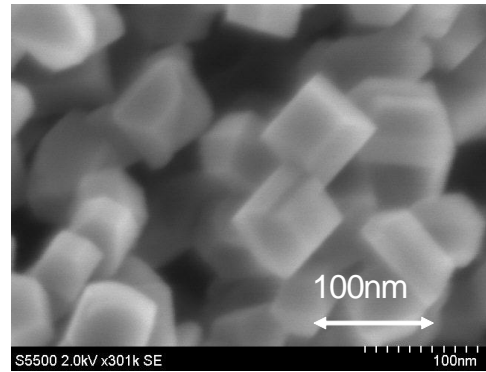


パイロットプラントから得られた、高活性十面体。

光触媒活性:FP-6の**1.3倍**

ルチル化率:**9.4%**

生産性: **150g/hr**



ラボ装置で得られていた十面体。

光触媒活性:FP-6の**1.5倍** (P25の2倍)

ルチル化率:**0%**

生産性: **2g/hr**

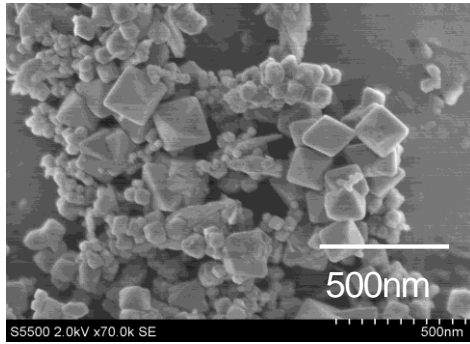
図Ⅲ-2-②-21 パイロットプラントから得られた十面体とラボ装置で得られていた十面体の比較

#### (1.4) 金属修飾酸化チタンの開発 鉄イオン修飾酸化チタンの開発 (平成22年度～平成23年度)

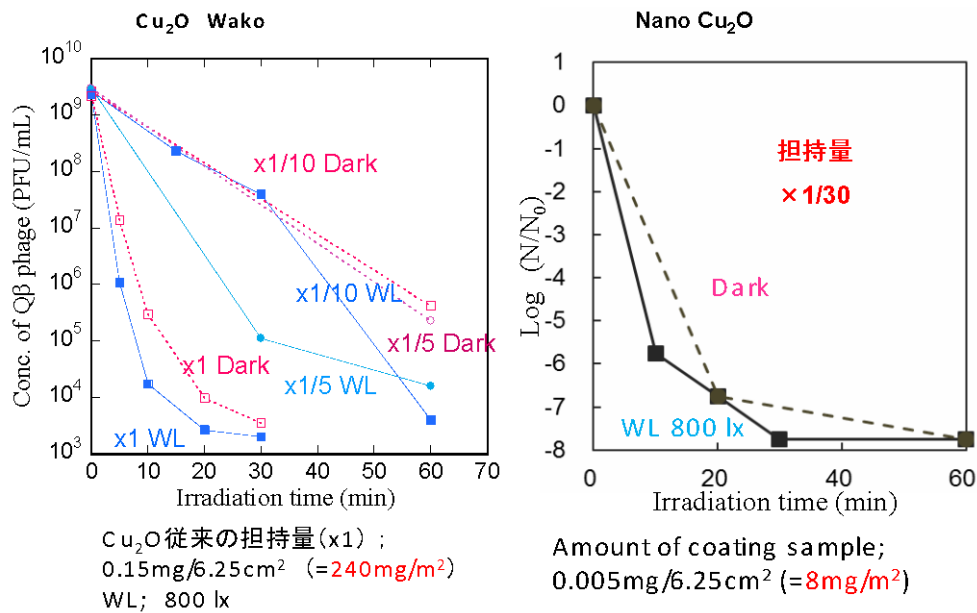
- 平成21年1月に、鉄イオン修飾酸化チタンのサンプルをプロジェクト内に配布した。しかしながら、各機関でのこのサンプルの評価結果が良くなかった。そこで、さらなる改良の必要に迫られた。東京大学の集中研究室と共同で、これを行うことを目指した。
- 平成23年度になって、集中研究室から、Fe修飾酸化チタン(改良型)が、VOC分解能が高いということが報告された。当社にて追試したところ、容易に高活性品が得られ、しかも、量産化も容易であると結論した。当社にてスケールアップして調製したFe修飾酸化チタン(改良型)を、集中研究室にて評価していただき、他の可視光応答型光触媒との比較をお願いした。その結果、集中研究室のラボスケールで得られたものに比べれば劣るものの、従来の酸化チタン系可視光応答型光触媒としてはかなり高性能であるものを得ることができた。
- 東京大学にて、可視光活性が確認できたサンプルを、平成24年1月に、プロジェクト内にサンプル配布した。各機関での評価は、可視光活性は確認できるものの、VOC分解能としては不十分との評価であり、実用的な材料とするには、さらなる改良が必要である。これについては、東京大学 橋本研究室、東京工業大学 宮内研究室と共同で、より高性能で量産化が可能な材料の検討を継続していく方針である。

#### (1.5) 金属修飾酸化チタンの開発 抗ウイルス性光触媒材料の開発 (平成22年度～平成23年度)

- 集中研究室にて、Cu(I)化合物が、ウイルス不活化能力が高いことが見出された。特にCu<sub>2</sub>Oが、毒性も少なそうで、抗ウイルス性能が高い。また、光触媒材料との組み合わせは、Cu(II)への酸化抑制効果が期待できる。そのため、光触媒との組み合わせは、抗ウイルス性能の向上に効果的であることが明らかとなっている。これらの成果は、平成21年度後半から22年度にかけて新たに報告された成果であり、この材料の開発については、平成22年度になってから急速に要望が強くなったものである。当社では、これらの要望に応えるべく、中間計画時の目標に新たに加える形で、本材料の開発に取り組むこととした。
- Cu<sub>2</sub>Oの調製法を工夫することで、FE-SEM観察から求められる一次粒子径が100～200nm程度の「ナノCu<sub>2</sub>O」の合成に成功した。「ナノCu<sub>2</sub>O」は、ごく微量で高い抗ファージ効果を確認した。

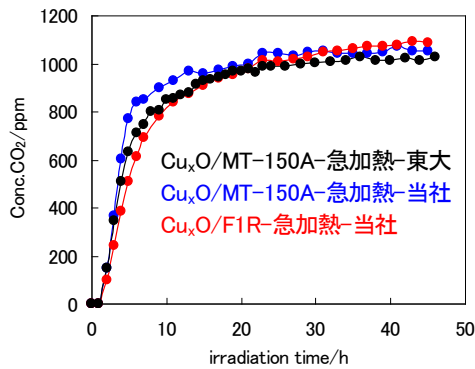


図Ⅲ-2-②-22 当社にて合成した「ナノ Cu<sub>2</sub>O」



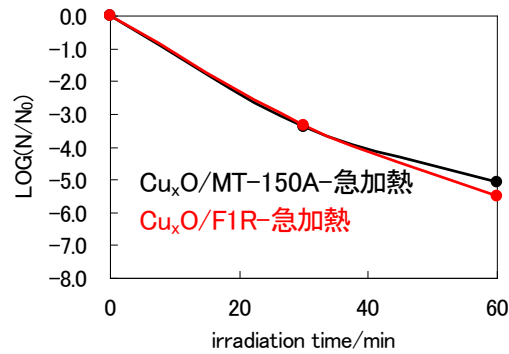
図Ⅲ-2-②-23 ナノ Cu<sub>2</sub>O の抗ファージ効果  
試薬の Cu<sub>2</sub>O (Wako 品) に比べて、少量で効果が高いことがわかる。

- 東京大学 (集中研究室) では、ルチル型酸化チタンに Cu(Ⅱ)イオンを担持し、一部を Cu(Ⅰ)に還元することで、可視光下での VOC 分解能力と抗ウイルス性能に優れた材料「Cu<sub>x</sub>O/TiO<sub>2</sub>」を開発した。この材料の研究を、当社でも行った。Cu(Ⅰ)と Cu(Ⅱ)の比率を算出するために、SPring-8 にて XANES 測定を行った。その結果、良好な抗ウイルス性能を発現する材料には、Cu(Ⅰ)が 56%含まれることを解明した。また、ルチル、アナターゼ、ブルッカイトの各結晶形の酸化チタン上の Cu(Ⅰ)を定量したところ、ルチル型では 34%と比較的高い値を示したが、他の結晶形では 13-14%と低い値となり、ルチル型が良好であることが裏付けられた。これらの結果については、東京大学と共同で特許を出願すると共に、東京大学にて共著論文を執筆していただいた (ACS Nano, 2012, 6(2), 1609)。



光源: Xeランプ+L-42フィルター(>400nm)  
100,000Lux

アセトアルデヒド(500ppm)分解活性評価

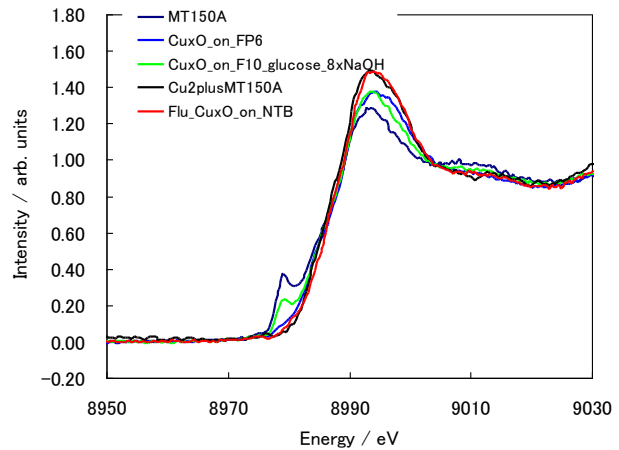
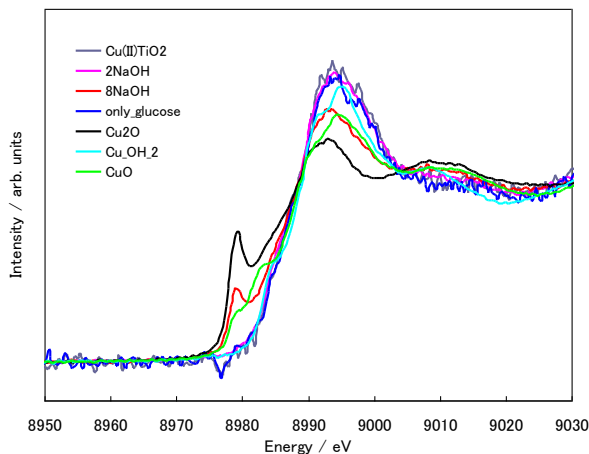


光源: 蛍光灯+UVカットフィルター  
800Lux

抗ファージ試験

図Ⅲ-2-②-24  $\text{Cu}_x\text{O}/\text{TiO}_2$  の光触媒特性

可視光下でのアセトアルデヒド分解と抗ファージ性能の両方を持っていることがわかる。



図Ⅲ-2-②-25 SPring-8 での XANES 測定結果

左図: 東京大学にて調製された  $\text{Cu}_x\text{O}/\text{TiO}_2$  を測定し、検量線から Cu(I) を定量すると、「8NaOH」: 56%、「2NaOH」: 13%、「only glucose」: 12%、「No glucose」: 0%となった。抗ウイルス効果が発現された「8NaOH」(グルコース還元時に、8倍当量の NaOH を共存させたということ) のみが、Cu(I) が多く含まれることが明らかとなった。

右図: 同じように「8NaOH」を共存させてグルコース還元を行ったが、Cu(I) の定量結果は、ルチル (F-10): 34%、ブルッカイト (NTB): 13%、アナターゼ (FP-6): 12%となり、ルチルのみが Cu(I) が比較的多いことが明らかとなった。

#### (16) 金属修飾酸化チタンの量産化検討 (平成23年度)

- 金属修飾酸化チタンに関しては、残念ながら、最終製品に適用可能な仕様が定まらなかったため、量産化検討を行うには到らなかった。よって、ここでは、見直しに関して記す。
- Fe イオン修飾酸化チタンに関しては、さらなる VOC 分解活性向上のために、改良が必要である。よって、製造工程を確定することができなかつたため、現段階において、量産化プロセスについては言及できない。
- ナノ  $\text{Cu}_2\text{O}$  については、5L フラスコによる 40g/バッチでの合成は成功している。よって、スケールアップは可能であろうと考えている。これらと酸化チタンを組み合わせ、抗ウイルス材料の合成については、仕様が明らかになってから取り組む予定である。

#### (17) 金属修飾酸化チタンの適用化検討 (平成23年度)

- 上述の通り、Fe 修飾酸化チタンについては、残念ながら、部材メーカーにてご満足いただ

ける性能のものを提供できなかったため、適用化検討を行うには到らなかった。

- Cu 修飾酸化チタンの適用化検討については、「抗ウイルス性コート剤の開発」の項にて説明する。

#### (18) 抗ウイルス性の評価 (平成22年度～平成23年度)

- 抗ウイルス性材料への要望が高まり、開発した材料の抗ウイルス性を評価する機会が増えてきた。当初は、評価の度に集中研究室を訪問し実験を行っていたが、その頻度が増えてきたことから、当社にて抗ウイルス評価を行えるようにするべきと考えた。集中研究室にて確立された抗ファージ評価とまったく同じことができる設備を、当社内に設置した。これによって、材料の抗ウイルス性の評価を、当社内にて行うことができるようになった。このことは、材料開発のスピードアップに貢献した。



図Ⅲ-2-②-26 抗ファージ測定のために導入した機器、設備

#### (19) 抗ウイルス性コート剤の開発 (平成22年度～平成23年度)

- プロジェクト参画部材メーカー様と共に、抗ウイルス性材料を使用したコート剤の開発を行っている。一部の試作品は、空港や病院での実証実験に使用し、その効果の検証を試みている。当社では、意匠性もよく、効果が高い製品を開発するために、材料提供面で協力している。

#### (20) 抗ウイルス空気清浄機フィルターの開発 (平成22年度～平成23年度)

- 盛和工業様、神奈川科学技術アカデミー様が主体となって進めておられた、抗ウイルス空気清浄機フィルターの開発に協力した。性能評価のために、セラミックフィルター小片への銅イオン修飾酸化チタンの担持や、表面の銅種の還元などについて、それらの方法を提案し、実際にそれらのサンプルを作製することに協力した。これらの測定は、神奈川科学技術アカデミー様にて行われている。

○三井化学株式会社

●研究開発内容

中間目標

- ・ 集中研究室と協力して、ラボレベルにおける活性度評価において、現状と比較して紫外光活性 1.3 倍以上、あるいは、可視光活性 3 倍以上の光触媒材料を開発する。
- ・ 量産化検討のターゲットとする材料を明らかにする。

最終目標

- ・ ラボレベルにおける活性評価において、現状と比較して可視光活性 10 倍の光触媒材料を開発する。
- ・ 大量生産の基盤技術を確立する。

最終目標は、平成 21 年度までのプロジェクト成果を鑑みて、可視光型光触媒に絞った目標とした。

1) 可視光型光触媒の高活性化について検討を行うため、アセトアルデヒドおよびトルエンを用いる光触媒の活性評価方法を確立する。

2) Cu(II)/TiO<sub>2</sub> 触媒の高活性化の検討を行う。平成 19 年度の成果であるルチル型 TiO<sub>2</sub> に Cu(II) を担持した可視光型光触媒の知見を基に、更なる高活性化を目指し母体となるルチル型 TiO<sub>2</sub> の結晶子径に注目し検討する。触媒物性が光触媒活性に与える因子を把握し、触媒性能の基盤となるデータを取得する目的で、結晶子径の異なるルチル型 TiO<sub>2</sub> を調製し、結晶子径と可視光分解活性の関係を明らかにする。

3) TiO<sub>2</sub> 系触媒の高活性化を行う。Cu(II)/TiO<sub>2</sub>(ルチル)において、TiO<sub>2</sub> に第二成分のドーブを検討する。第二成分として TiO<sub>2</sub> に各種金属化合物をドーブした金属ドーブ TiO<sub>2</sub> を調製し、可視光吸収率測定および可視光分解活性を評価する。また、Cu(II) に代わる担持金属を検討する。第二成分および担持金属の検討結果をふまえ、価格、安全性および触媒活性の安定性を考慮し、実用化を考えた触媒構成成分を選定する。

4) 実環境における分解特性の把握を行う。可視光型光触媒が屋内で使用される事を想定し、低照度条件で Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub> のアセトアルデヒド分解活性を評価する。また、難分解性基質のトルエンで可視光分解活性を評価する。

5) サンプル試作とプロジェクト内供試を行う。Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub> 試作において工業的生産が可能な製造方法に改良する。

6) 材料への適用技術を検討する。プロジェクト内の部材開発企業と協力して光触媒コート液を調製するためのスラリー化、および、空気浄化機用フィルター適用を検討する。

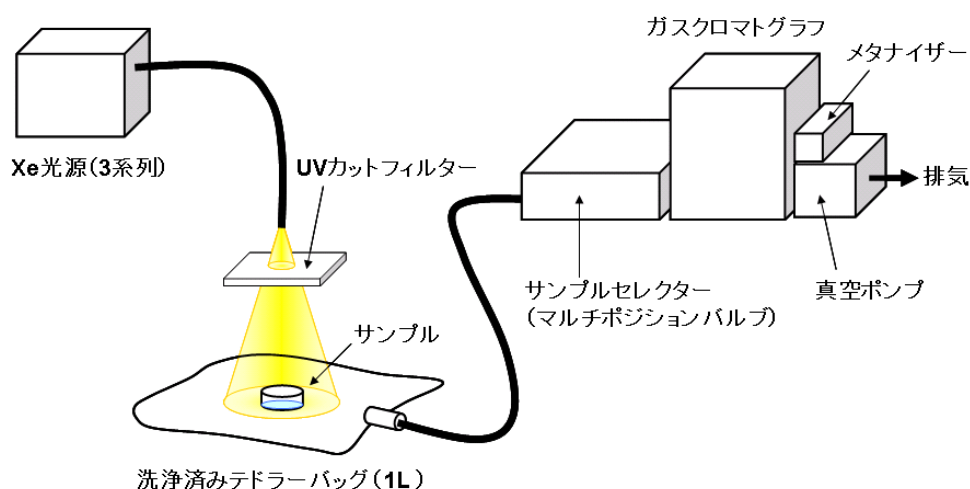


●研究開発成果

1. 活性評価法の確立

光触媒の分解活性を評価するため、バッチ型評価装置を導入した。分解基質は、標準の基質をアセトアルデヒド、難分解性の基質としてトルエンを選んだ。装置は、光源としてキセノンランプ：LA-410UV-3（林時計工業(株)製）3系列を用意し、必要に応じてUVカットフィルターを取り付けて可視光照射できるようにした。また、テドラーバッグ内のガスのサンプリングを自動的に行い、ガスクロマトグラフ：GC2014（島津製作所製）でアセトアルデヒド、トルエンおよび分解で発生するCO<sub>2</sub>を分析するシステムとした。装置概略図を図Ⅲ-2-②-27に、確立した評価方法を表Ⅲ-2-②-1に示した。

評価条件設定にあたっては、受光量の違いがなくなる触媒量でデータを取得するため、触媒仕込み量とCO<sub>2</sub>発生速度の関係について検討を行い、紫外光活性評価は100mg、可視光分解活性評価は300mgを標準仕込み量とした。また、可視光は、紫外光よりエネルギーが小さく、分解速度は、紫外光よりも小さくなるため、短時間で効率よく評価できる方法と評価精度の向上を満たす条件として、可視光照度は、所有装置の最大照度100,000Lxを標準の評価条件として光触媒の活性評価方法を確立した。



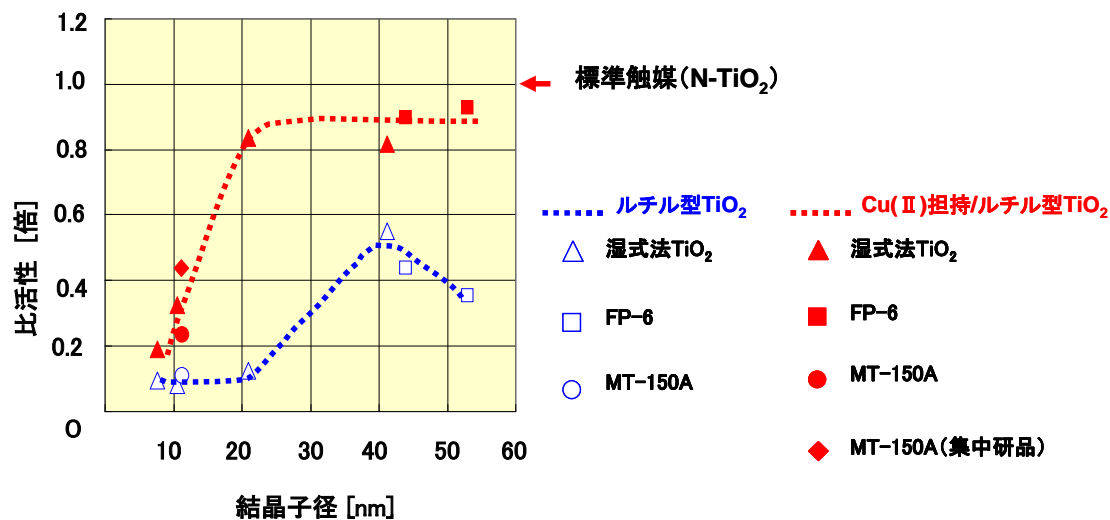
図Ⅲ-2-②-27 光触媒評価装置概略図

表Ⅲ-2-②-1 光触媒分解活性標準評価法

| 評価法     |        | 紫外光活性評価法  | 可視光活性評価法   |
|---------|--------|---|--|
| 条件      | 光源     | 蛍光灯   | Xe ランプ   |
|         | 光強度    | 紫外線強度 $11 \mu \text{W}/\text{cm}^2$<br>( $\lambda = 365\text{nm}$ )   | 100,000Lx (<420nm をカット)<br>〔Y-44 フィルター使用〕  |
|         | 測定器    | UVA-365((株)カスタム製)   | TOPCON IM-5((株)トプコン製)  |
|         | 雰囲気ガス  | $\text{N}_2/\text{O}_2=80/20$ (50%調湿)   |  |
|         | ガス容量   | 600ml   |  |
|         | 基質(濃度) | アセトアルデヒド(100ppm)<br>トルエン(30ppm)   |  |
|         | 触媒量    | 100mg(シャーレ: $\Phi 2.8\text{cm}$ )   | 300mg(シャーレ: $\Phi 2.8\text{cm}$ )  |
|         | 分析装置   | 島津 GC-14A(メタナイザー付)  |  |
|         | 評価方法   | 触媒前処理   | 付着した有機物を除去する目的で、 $\Phi 2.8\text{cm}$ シャーレに触媒を所定量秤量し、ブラックライト ( $2.0\text{mW}/\text{cm}^2 \times 48$ 時間) で照射による前処理を行う。 |
| ガスバッグ準備 |        | 前処理した触媒をテドラーバッグ(1L)内に両面テープで固定しシーラーで密閉、雰囲気ガスの充填と減圧留去を3回以上行う。あらかじめ調製したガス 600ml ( $\text{N}_2/\text{O}_2=80/20$ , 50%調湿, 所定の基質濃度)をテドラーバッグに入れる。 |  |
| 暗吸着     |        | 暗所で30分間放置した後、基質濃度を分析する(吸着量の分析)。   |  |
| 光照射     |        | 2時間毎にサンプリングを実施し、基質の減少量および光分解で発生する $\text{CO}_2$ を分析する。  |  |

## 2. Cu(Ⅱ)/TiO<sub>2</sub>触媒の高活性化

集中研で見出されたルチル型 TiO<sub>2</sub> に Cu(Ⅱ) を担持した可視光型光触媒の知見を基に、更なる高活性化を目指し母体となるルチル型 TiO<sub>2</sub> の結晶子径に注目し検討を行った。原料として市販の TiO<sub>2</sub> を用い、焼成温度を変える事で結晶子径の異なるルチル型 TiO<sub>2</sub> を調製し、Cu(Ⅱ) を TiO<sub>2</sub> に対して 0.1wt% 担持した光触媒とし、アセトアルデヒドの可視光分解活性と結晶子径との関係を調べた。結果を図Ⅲ-2-②-28 に示す。可視光分解活性の大きさは、光照射 20 時間後の CO<sub>2</sub> 発生量を、プロジェクト標準触媒 (N-TiO<sub>2</sub>) を基準 (1.0) とした相対比で表した。



図III-2-②-28 Cu(II)/TiO<sub>2</sub>触媒の結晶子径と可視光分解活性の関係

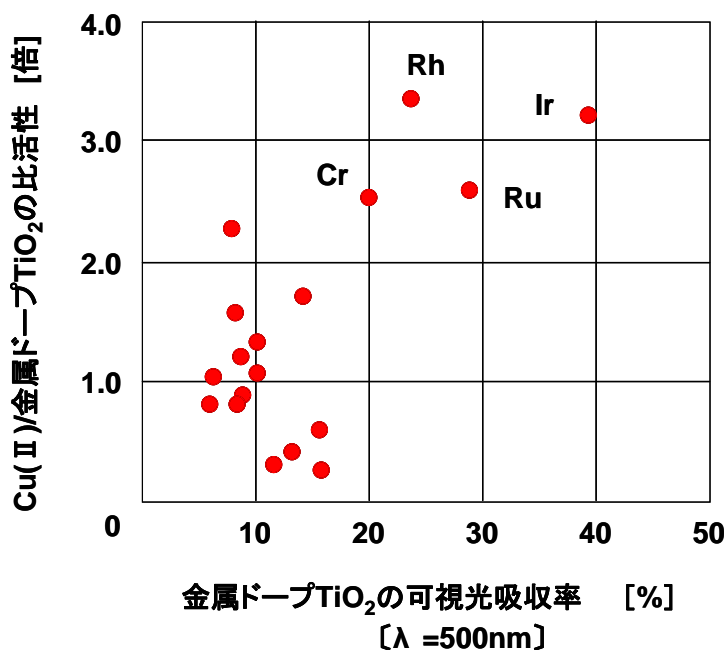
検討の結果、Cu(II)担持でTiO<sub>2</sub>単独よりも可視光分解活性は向上し、TiO<sub>2</sub>の結晶子径が大きくなると可視光分解活性が高くなる傾向を示した。結晶子径が小さい銘柄：MT-150AのTiO<sub>2</sub>にCu(II)を担持した触媒（集中研から報告された触媒）よりも結晶子径が大きい領域、すなわち結晶子径20～50nmで活性の向上が認められた。

### 3. TiO<sub>2</sub>系触媒の高活性化

#### 3-1. ドープ金属探索

Cu(II)/TiO<sub>2</sub>(ルチル)において、TiO<sub>2</sub>に第二成分をドープすることを検討した。TiO<sub>2</sub>の価電子帯の正側または伝導帯の負側に不純物準位を形成する事でバンドギャップを狭め、可視光吸収率を増やすことで可視光分解活性が向上すると考えた。第二成分としてTiO<sub>2</sub>に各種金属化合物をドープした金属ドープTiO<sub>2</sub>を調製し、可視光吸収率測定および可視光分解活性を評価した。次に、第二成分をドープしたTiO<sub>2</sub>にCu(II)を担持したCu(II)/金属ドープTiO<sub>2</sub>を調製し、アセトアルデヒドの可視光分解活性を評価した。可視光分解活性の大きさは、光照射2時間後のCO<sub>2</sub>発生量を、プロジェクト標準触媒(N-TiO<sub>2</sub>)を基準(1.0)とした時の比で表した。

金属ドープTiO<sub>2</sub>の可視光吸収率とCu(II)/金属ドープTiO<sub>2</sub>の可視光分解活性の関係を図III-2-②-29に示した。図III-2-②-29より、可視光吸収率とCu(II)/金属ドープTiO<sub>2</sub>の比活性の間には、正の相関が見られ、Ir、Ru、Rh、CrをドープしたTiO<sub>2</sub>にCu(II)を担持した触媒で高い可視光分解活性を示すことが分かった。



図III-2-②-29 金属ドーピングTiO<sub>2</sub>の可視光吸収率とCu(II)/金属ドーピングTiO<sub>2</sub>の可視光分解活性の関係

### 3-2. 担持金属探索

Cr、Ru、Rh、Irをそれぞれ第二成分としてドーピングしたTiO<sub>2</sub>に各種金属を担持した光触媒を調製し、アセトアルデヒドの可視光分解活性を評価した。Cu以外の担持金属としてSn、Cr、Ru、Ce、Fe、Pt、Pd、Ag、Rh、Ir、Mn、Bi化合物について探索を行った。可視光分解活性の大きさは、光照射2時間後のCO<sub>2</sub>発生量を、プロジェクト標準触媒(N-TiO<sub>2</sub>)を基準(1.0)とした相対比で比較した。

その結果、プロジェクト標準触媒(N-TiO<sub>2</sub>)に比べ3倍以上の高い可視光分解活性を示した担持金属は、Cu(II)に加えPt(IV)、およびFe(III)であった。

### 3-3. 構成成分の選定

触媒構成成分の選定は、実用化を考え、価格、安全性および触媒活性の安定性を考慮した。

まず、ドーピングする第二成分には、検討で見出したCr、Ru、Rh、Irより、Crを除き原料価格の最も安いRuを選定した。

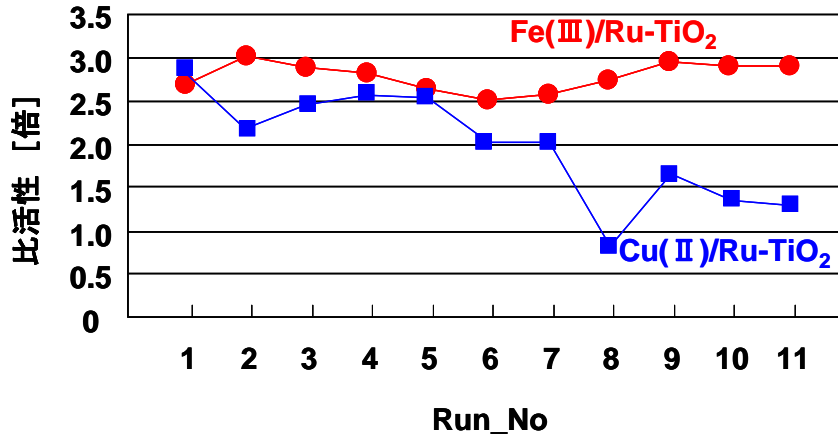
また、担持金属は、検討で見出したCu(II)、Pt(IV)、Fe(III)の中から高価なPt(IV)を除いたCu(II)、Fe(III)を候補とし、調製条件を最適化したCu(II)/Ru-TiO<sub>2</sub>、Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub>の活性評価繰り返し試験を行った。

#### 【活性評価繰り返し試験の操作方法】

- ①活性評価(光照射20時間)終了後、シャーレに入った触媒をガスバッグから取り出す
- ②触媒サンプルの前処理(UV前処理→ガスバッグへ装入→暗吸着)を経て活性評価を行う  
(①②の操作を繰り返す)

活性評価繰り返し試験の結果を図III-2-②-30に示した。図III-2-②-30より、Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub>は安定した活性を示す事を確認した。一方、Cu(II)/Ru-TiO<sub>2</sub>は、活性変動幅が大きく、繰り返し評価により活性が低下する傾向が見られた。

以上の検討結果からドーピング金属成分はRu、担持金属成分はFe(III)を選定し、量産化触媒は、Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub>とした。

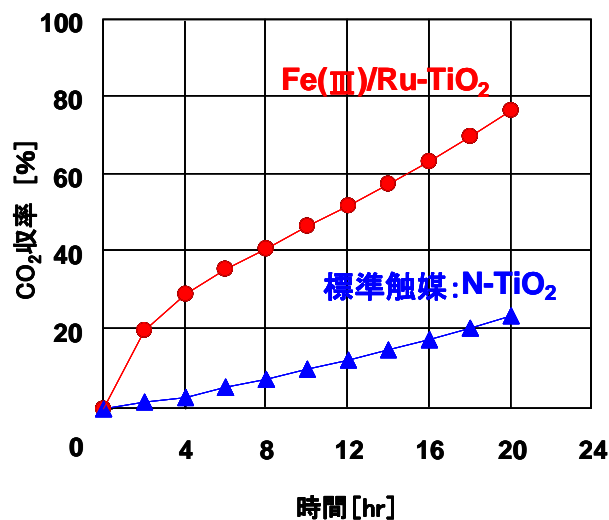


図Ⅲ-2-②-30 Cu(Ⅱ)/Ru-TiO<sub>2</sub>およびFe(Ⅲ)/Ru-TiO<sub>2</sub>の繰り返し安定性試験結果

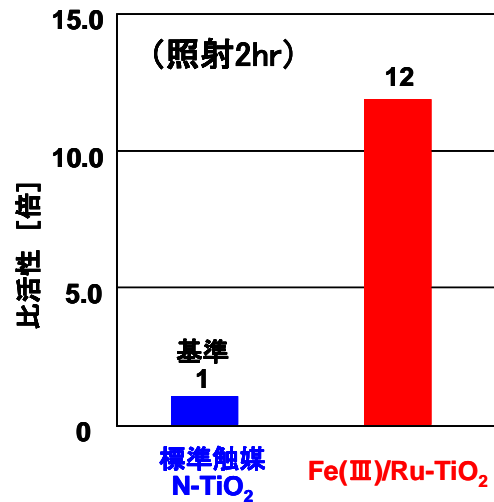
#### 4. 実環境における分解特性の把握

##### 4-1. 実用照度での評価

可視光型光触媒が屋内で使用される事を想定し、屋内照明として一般的に使用される蛍光灯で得られる照度、10,000Lx に下げた条件で、Fe(Ⅲ)/Ru-TiO<sub>2</sub>のアセトアルデヒド分解活性を調べた。光照射後のCO<sub>2</sub>発生速度を図Ⅲ-2-②-31に、また、光照射2時間後のプロジェクト標準触媒(N-TiO<sub>2</sub>)に対する比活性を図Ⅲ-2-②-32にそれぞれ示した。その結果、照度10,000Lxのアセトアルデヒド分解では、照度100,000Lxと比較して分解活性の差は広がり12倍を示し、最終目標の「ラボレベルにおける活性評価において、現状と比較して可視光活性10倍の光触媒材料を開発する」を達成した。



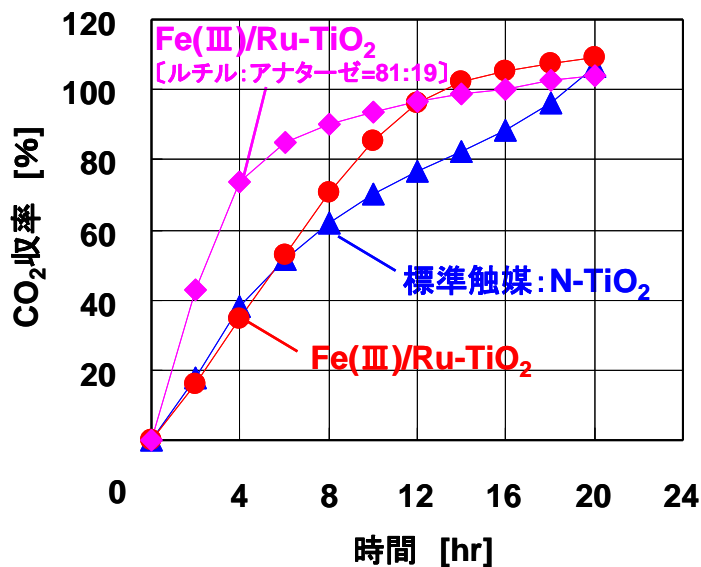
図Ⅲ-2-②-31 アセトアルデヒド分解のCO<sub>2</sub>発生速度 (照度: 10,000Lx)



図Ⅲ-2-②-32 光照射 2 時間の比活性 (照度 : 10, 000Lx)

#### 4-2. トルエン分解評価

分解基質を難分解性基質のトルエンで、表Ⅲ-2-②-1 の可視光分解活性評価法に従って分解評価を行った。結果を図Ⅲ-2-②-33 に示した。図の結果から、Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub>は、プロジェクト標準触媒(N-TiO<sub>2</sub>)と同等以上の性能を示し、トルエンの完全分解を確認した。また、種々検討した結果、アナターゼ型 TiO<sub>2</sub>を少量含有する Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub>では、光照射 2 時間後の CO<sub>2</sub>発生速度が 2 倍以上向上することが分った。難分解性基質のトルエンが紫外光を含まない可視光条件で完全分解を確認できたことの意義は大きいと考えている。



図Ⅲ-2-②-33 トルエン分解の CO<sub>2</sub>発生速度

### 5. 生産技術の検討

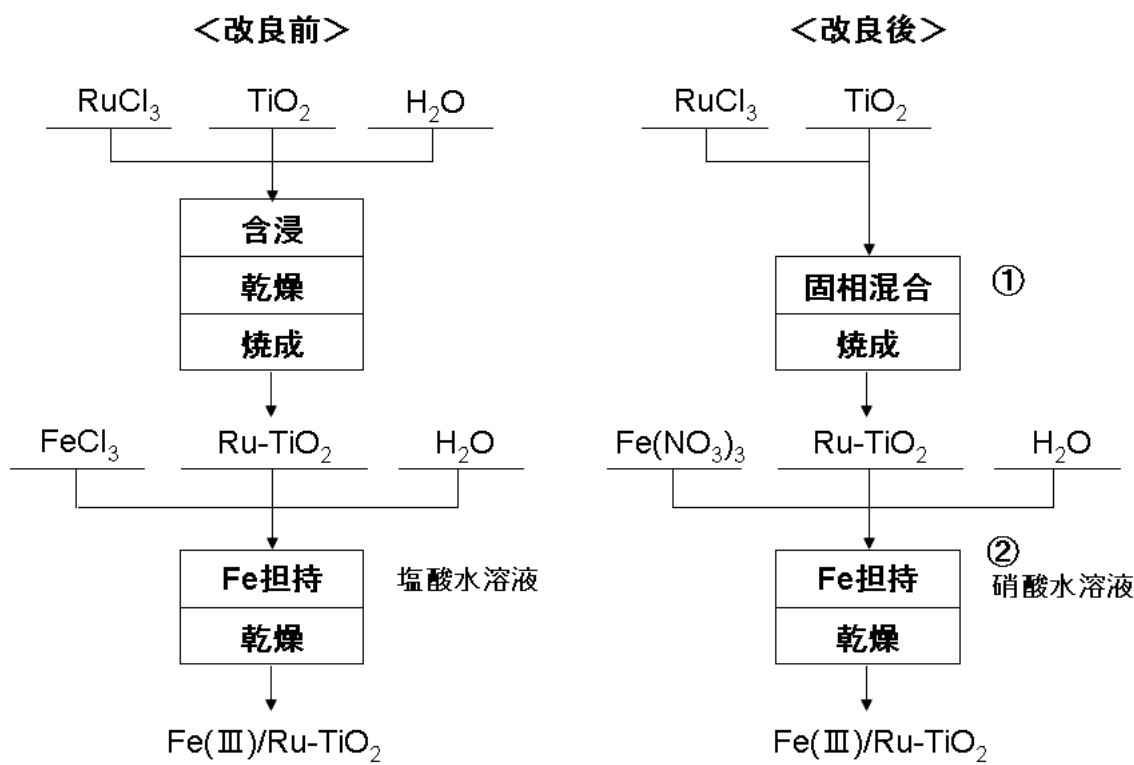
#### 5-1. 製造方法の検討・最適化

Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub> 試作にあたり工業的生産に対応可能な製造プロセスを意識し、製造方法の改良を行った。

製造方法の改良点を表Ⅲ-2-②-2 に、改良前後の触媒調製フローを図Ⅲ-2-②-34 に示した。これらの改良により、量産化においても汎用装置で対応可能な製造法となった。

表Ⅲ-2-②-2 製造方法の改良点まとめ

| 工程                             | 改良前の製造方法            | 改良法         | 効果                              |
|--------------------------------|---------------------|-------------|---------------------------------|
| ①<br>Ru と TiO <sub>2</sub> の混合 | Ru 水溶液を用いた含浸<br>→乾燥 | 固相混合        | 乾燥工程が無くなり<br>工程短縮<br>(24hr→1hr) |
| ②<br>Fe 担持                     | 塩化鉄、塩酸酸性水溶液         | 硝酸鉄、硝酸酸性水溶液 | 塩酸から硝酸に変更<br>することで、装置腐食抑制       |



図Ⅲ-2-②-34 触媒調製フロー

### 5-2. サンプル試作・供試

図Ⅲ-2-②-34 の改良触媒調製フローに従い Fe(Ⅲ)/Ru-TiO<sub>2</sub> を 1.2kg 試作した。この試作触媒の分解活性は、プロジェクト標準触媒(N-TiO<sub>2</sub>)の 3.0 倍であり、製造方法検討前の触媒と同等であることを確認、大量生産の基盤技術を確認しプロジェクト内に供試した。

白金等の高価な貴金属を使用せず、かつ、製造方法を簡略化して Fe(Ⅲ)/Ru-TiO<sub>2</sub> を試作できた意義は大きく、安価で高活性な光触媒粉の供給に一步近づいたと考えている。

## 6. 材料への適用技術検討

開発した Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub> の用途展開を図るため、A 社と光触媒コート液を内装材に適用するためのスラリー化の検討を、B 社と LED 光源を使用する空気浄化機フィルターへの適用検討を行い、それぞれの光触媒応用製品に適用するための課題を明らかにした。

光触媒スラリー化の検討では、スラリー平均粒子径を小さくするには、Ru ドープ温度を下げ、TiO<sub>2</sub> 結晶子径を小さくした Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub> が有効であること、また、ビーズミル処理条件によっては活性を触媒原粉同等に維持できることが分かったが、目標としたスラリー平均粒子径、スラリー化後の可視光分解活性の両立が困難で、課題が残った。これらの結果から、Ru ドープ温度を下げ、TiO<sub>2</sub> 結晶子径を小さくした Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub> で、ビーズミル処理条件を選び、スラリーの分散性を助ける適当な分散剤使用の条件を組み合わせることで、目標が達成できるのではないかと考えている。

LED 光源を使用する空気浄化機フィルターへの適用検討は、B 社にて Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub> のフィルター加工、および、評価用空気浄化システムで可視光光源を用いたアセトアルデヒド、および、難分解性基質トルエンの分解評価を行った。その結果、アセトアルデヒドの完全分解は確認できなかったが、難分解性基質のトルエンの完全分解を確認した。

Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub> の空気浄化フィルターへの適用は、アセトアルデヒドの分解活性改善が課題として残った。これらの結果から、例えば、アセトアルデヒド分解活性の高い可視光型光触媒と Fe(III)/Ru-TiO<sub>2</sub> を併用するなど可視光型光触媒を組み合わせることで、目標が達成できるのではないかと考えている。



○日本板硝子株式会社

1) 研究開発内容

1)-1 ゴルゲル方式の革新

光触媒製品製造の基盤技術として、ゾルゲル成膜プロセスの抜本的改善・コストダウンを行う。ゾルゲル法によるガラス基板へのスプレー成膜は、セルフクリーニングガラスの製造に広く用いられている。

このプロセスの成否、あるいは製品の性能・品質は、工場内の温度・湿度など季節要因の影響を強く受けるが、定量的には把握されていないため、現状では現場作業員のノウハウや勘に頼る部分が多く、また所定の性能を担保するために焼成温度を高め設定し、生産速度を犠牲にしている。

本プロジェクトにおいては、製造ライン各所に、ガラス温度、雰囲気温度・湿度等の計測装置を設けてデータを収集し、製品の防汚性能・耐久性能との相関を求める。防汚性能は親水化試験等、耐久性能は耐薬品試験、Xeウェザー試験などで評価する。結果として、セルフクリーニングガラスの耐久性を向上し、同時にプロセス温度低下によって20%以上の生産性向上を行う。

1)-2 スパッタ方式の革新

光触媒製品製造の基盤技術として、スパッタ成膜プロセスの抜本的改善・コストダウンを行う。スパッタ法の光触媒セルフクリーニングガラスへの利用は2004年に始まったが、その成膜速度は他の熱線反射膜等よりも遅く、コストダウンの妨げとなっている。本プロジェクトでは、種々プロセス条件の見直しを行い、20%以上の生産性向上を行う。

2) 研究開発成果

2)-1 スプレー方式の革新

光触媒クリーニングガラスの最も一般的な製造方法は、TiO<sub>2</sub> 微粒子などを含むゾル液を基板上にスプレーすることである。現場塗工では常温で数日間かけて膜を硬化させるが、工場塗工ではスプレー後の基板を加熱硬化することによって、耐久性などの特性を改善できる。

しかし、この加熱とそれに付随する冷却工程が生産性向上のネックとなっており、加熱温度を下げても光触媒活性が問題となることはないが、外観、耐久性などの品質が低下する。そこで、様々な条件と各種特性との関係の検討により、原料液の調合方法を最適化することで加熱温度を下げても問題がないことが確認できた。

また、新規に設置したセルフクリーニングガラス・コーティングラインの温湿度自動計測システムにより、実生産条件データとサンプル特性（光触媒活性、耐久性など）との対比で膜特性安定への影響因子の関連性に対する解析が可能となった。その結果、表Ⅲ-2-②-3に示すとおり、塗布条件（塗布速度、塗布量など）を制御することにより、光触媒特性、耐久性などの製品として満足する条件が導き出すことができ、生産性を20%向上させることが確認できた。また、生産性向上により約10%程度のコストダウンも見込めることも確認できた。

表Ⅲ-2-②-3 コーティングラインの生産性向上の検討

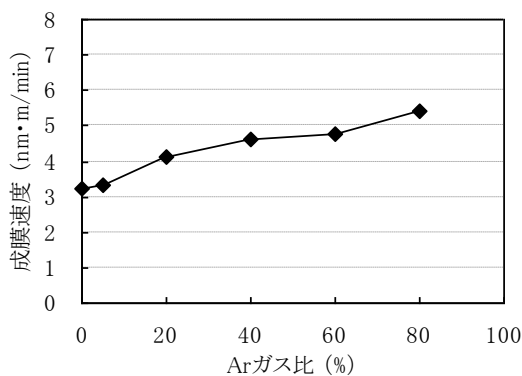
|      | ライン速度 | 塗布速度  | 塗布量   | 外観 | 特性 | 厚さ  | コスト  |
|------|-------|-------|-------|----|----|-----|------|
| 現状   | 基準値   | 基準値   | 基準値   | B  | B  | 基準値 | 基準値  |
| ケース1 | 20%Up | 基準    | 20%Up | B  | B  | -   | -    |
| ケース2 |       | 10%Up | 20%Up | B  | B  | -   | -    |
| ケース3 |       |       | 30%Up | A  | A  | 基準値 | ▲9%  |
| ケース4 |       |       | 40%Up | AA | A  | -   | -    |
| ケース5 |       | 20%Up | 20%Up | A  | B  | 基準値 | ▲11% |
| ケース6 |       |       | 30%Up | A  | A  | -   | -    |
| ケース7 |       |       | 40%Up | AA | B  | -   | -    |

2)-2 スパッタ方式の革新

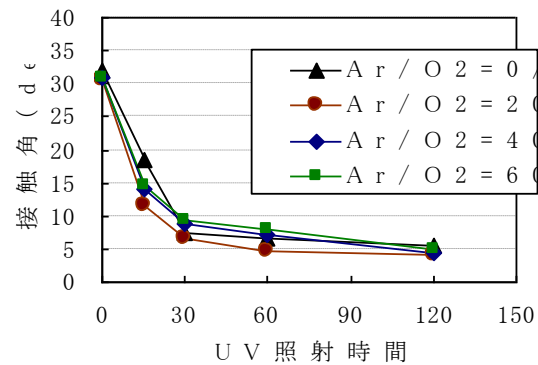
スパッタ法は建築用ガラスへのコーティングに広く用いられているが、光触媒膜を形成する場合には結晶化促進が必要となる。現状では、下地層の成膜速度が遅くプロセス全体の生産性を律速しているので、下地層のスパッタ成膜効率向上として、各種要因の調査を行った。

図Ⅲ-2-②-35に試験成膜装置におけるAr/O<sub>2</sub>雰囲気下での下地層のArガス比とダイナミックレート（基板が1分間に1m進む時の成膜速度）の関係を示す。Arガス添加量の増加に伴い、下地層の成膜レートが2倍近くまで増大することが確認された。また、Ar添加による光触媒性能への影響評価として、Ar/O<sub>2</sub>ガス比を変えた成膜サンプルについて、UV（BLB蛍光管、ピーク波長351nm、UV強度：1mW/cm<sup>2</sup>）照射時の水滴接触角の変化を確認した結果（図Ⅲ-2-②-36）、光親水化速度および到達接触角はいずれも、Arガス添加の影響を受けないことが確認された。

以上より、下地層成膜においてスパッタガスにArガスを添加することで、光触媒性能を損なうことなく、成膜効率を向上させることができると判断された。



図Ⅲ-2-②-35 Arガス比とZrO<sub>2</sub>の成膜速度の関係



図Ⅲ-2-②-36 ZrO<sub>2</sub>成膜時のArガス比と親水化性能

一方、新規可視光応答型光触媒における界面電荷移動（IFCT）の発現に重要となるCuやFeなどの担持金属の酸化状態（価数）調整や、良好な結晶成長を得るための成膜条件だし（最適化）を行う際には、成膜時のプロセスガス及びスパッタ粒子の状況把握は非常に重要となる。

そのため、成膜時のプロセスガス、及びスパッタ粒子を適時観測できるように、四重極質量分析装置（Q-mass）を導入した。その結果、スパッタ成膜中のCu価数を適時把握することが可能となり、プロセスガス圧など必要なCu価数を得る成膜条件だしをスピーディに進めることができた。

また、実験室レベルで得られた情報は、実生産設備へスケールアップした際の基礎データとして利用することができ、生産設備での成膜条件出しに活用できるものと期待される。

### 研究開発項目③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

○パナソニック株式会社

#### 1. 研究開発内容

##### ① 超撥水膜の性能向上検討と光触媒の複合化設計

住宅内部の防汚、空間浄化機能を有する部材への適用を目的とし、最終的には超撥水表面と光触媒活性を複合化したコーティング材の開発を目標に検討を行った。

##### ② 高性能可視光型光触媒の組成・構造提案とスクリーニング

高性能な可視光応答型光触媒の選定と、本プロジェクトにおける開発促進のためのフィードバックを目標とし、以下の検討を行った。

- (i) 高性能可視光型光触媒の組成・構造提案
- (ii) 可視光型光触媒のスクリーニング

##### ③ 現行光触媒のシステム設計による効果検証

現行の光触媒を有効利用するために、現状レベルの把握、より高い性能を発現させるシステム設計のための知見集積、光触媒部材目標値の設定、システム利用時の効果検証を目標として、以下の検討を行った。

- (i) 実証住宅による効果確認
- (ii) ロケーションによる仕様提案
- (iii) 光触媒素材の目標値の設定

##### ④ 評価方法の確立

JIS に準拠した評価方法の確立と、空間としての評価基準を提案することを目標として、以下の検討を行った。

- (i) JIS に基づいた試験方法の確立
- (ii) 空間としての評価基準の策定
- (iii) 人間工学面からの官能評価方法の検討

##### ⑤ ロケーション別光触媒システムの実用化検討

光触媒を製品として光源と組み合わせ、システムとして実用化が可能かについて、検討を行った。

##### ⑥ 実証実験住宅による実用化課題検証

可視光型光触媒の実用化検証をさらに推進することを目的に、以下の検討を行った。

- (i) 実証実験住宅（バージョン2）の設計指針導出

##### ⑦ 医療・衛生用途の光触媒適用可能性検証

可視光型光触媒の新規市場開拓を目的として、可視光型光触媒の抗ウイルス機能に着目し、医療・衛生用途に適用が可能であるかについて、以下の検討を行った。

- (i) 技術調査・システム構想策定
- (ii) 現状レベル把握
- (iii) 空港実験等によるバックデータの集積
- (iv) 用途展開先の選定

##### ⑧ 可視光光触媒を用いた環境浄化部材の開発

可視光型光触媒を建築物内廻りの建材・設備に適用することを目的に、項目①で得られた成果をもとに、以下の検討を行った。

- (i) 可視光型光触媒と撥水の複合化による光触媒コーティング材の開発
- (ii) 内装部材への適用による性能把握・課題抽出

⑨ 可視光型光触媒による空間浄化効果の実証

開発した可視光型光触媒材料による空間浄化効果を検証するために、以下の検討を行った。

- (i) 実証住宅等による実証実験
- (ii) 光触媒効果予測シミュレーションによる実効向上のための指針明確化
- (iii) ユーザー説明可能な空間浄化メカニズム明確化

⑩ 光触媒工業会と連携した製品規格の策定

可視光型光触媒の機能を評価・訴求するための標準化活動として、以下の検討を行った。

- (i) JISに基づいた評価方法の検討
- (ii) 抗ウイルス性能に対する製品規格・性能判定基準案の策定

⑪ 水浄化システムへの光触媒適用可能性の検証

可視光型光触媒の新規市場開拓を目的として、可視光型光触媒を水浄化システムに適用が可能であるかについて検討を行った。

⑫ 可視光型光触媒フィルムの一体成型技術開発

可視光型光触媒の適用製品範囲を拡大するため、可視光型光触媒フィルム材を樹脂と一体成型する技術について検討を行った。

## 2. 研究開発成果

### ① 超撥水膜の性能向上検討と光触媒の複合化設計

住宅内部の防汚、空間浄化機能を有する部材への適用を目的とし、最終的には超撥水表面と光触媒活性を複合化したコーティング材を開発するために、ベースとなる撥水コーティング材の検討を行った。

有機系及び無機系の各種撥水性を有する樹脂をスクリーニングした結果、下記のような撥水特性を有する撥水コーティング材を開発した。

- ① 有機系樹脂コーティング：水滴接触角 100～110deg. 転落角 10～15deg. (平滑表面)
- ② 有機系樹脂コーティング：水滴接触角 140～150deg. ( $\mu\text{m}$ ～ $\text{mm}$  オーダーの凹凸表面)
- ③ 無機系樹脂コーティング：水滴接触角 100～110deg. 転落角 15～20deg. (平滑表面)

次に、開発した撥水コーティング材と可視光型光触媒の複合化を検討した。まず、可視光型光触媒をコーティング材化するには、分散安定化の検討が必須である。東京大学・橋本 Gr が開発した  $\text{Cu(II)}/\text{TiO}_2$  光触媒の水分散安定化を検討し、分散剤としてリン酸二水素アンモニウムを用いることで、平均粒径 60nm 程度の安定な水分散体を得た。しかし、アセトアルデヒド分解活性は粉体に対して約 40%に低下した。さらに同水分散体をシリケート結合からなる無機樹脂と複合化したが、コーティング化する際の活性阻害が激しく、膜形成後のアセトアルデヒド分解活性は、ほとんど発現しなかった。可視光型光触媒の活性の更なる向上と、コーティング化する際の活性阻害の抑制が、大きな課題であることが判明した。

撥水性の発現については、可視光あるいは紫外光を照射しても撥水性（水接触角が  $90^\circ$  以上）を保持しながら、可視光照射下において抗ウイルス性・抗アレルギー性を発現する複合塗膜を開発することができた。特に、可視光型光触媒と撥水性を有するシリコン樹脂の複合化を行うに際し、ある種の反応性シリコンオイルを添加することで、高度な滑水性を発現する条件を見出した。初期性能としては 20mg の水滴が  $10^\circ$  以下で転落するが、耐久性に課題があることが判明した。

以上より、可視光型光触媒と撥水コーティング材の複合化の可能性を検証し、特に撥水性の発現については良好な検討結果を得たが、光触媒によるアセトアルデヒド分解活性はほとんど発現しなかった。

そこで、中間評価を実施した平成 22 年度以降は、可視光型光触媒の機能については、より発現しやすい抗菌・抗ウイルス性に主眼を移して、検討を継続することとした。

### ② 高性能可視光型光触媒の組成・構造提案とスクリーニング

#### (i) 高性能可視光型光触媒の組成・構造提案

東京大学橋本研究室と共同で、新規可視光型光触媒の組成・構造およびアプリケーションについての新規な発明を得た。本発明における光触媒材料は、酸化タングステン粒子に特定の金属塩をある範囲の被覆率で担持することで得られる。この光触媒材料は、可視光照射下において従来材料と比較すると飛躍的に高い有機物分解性を有する。さらに、内装部材として用いるにあたり、有害なスーパーオキシドアニオンを発生しない等、これまでにない機能を発現する。

さらに東京大学・橋本 Gr と共同で、金属イオンドープ酸化チタンに特定の金属塩を担持する系を開発し、特許共同出願を行った。金属イオンドープにより酸化チタンの価電子帯電位を変えずにバンドギャップ狭めることで、強い酸化力を維持しながら可視光吸収量を増加させていることが特徴である。

#### (ii) 可視光型光触媒のスクリーニング

東京大学・橋本 Gr が開発した  $\text{Cu(II)}/\text{TiO}_2$  光触媒（当社にて調製）および  $\text{Cu(II)}/\text{WO}_3$  光触媒（昭和

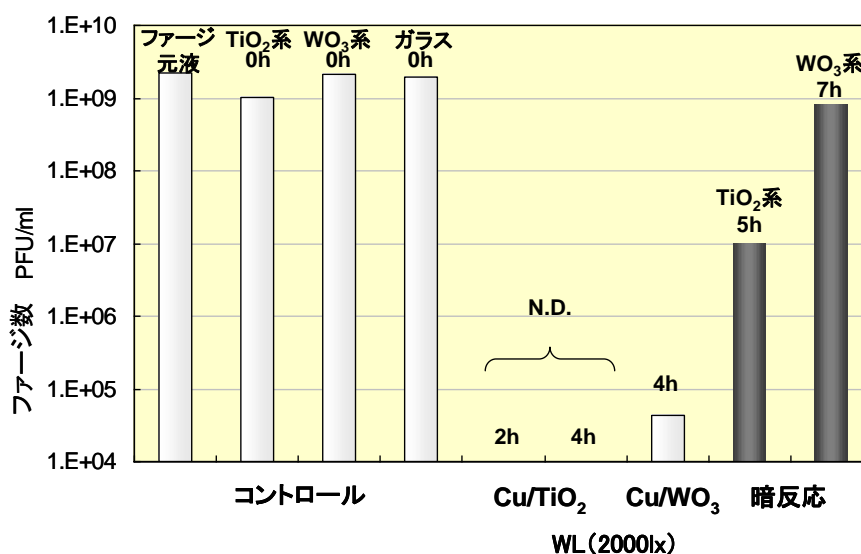
タイタニウム作成標準試料 HP-CW091) の蛍光灯照射下におけるアセトアルデヒド除去性能を評価した。測定方法は、テドラーバッグを用いたバッグ法であり、光源は白色蛍光灯に 420nm カットオフフィルターを設置して紫外線を完全に除去した。比較対象として、窒素ドープ型酸化チタン（昭和タイタニウム作成標準試料 HP-N08）および市販の錯体担持型酸化チタンについても同様の試験を行い、初期の炭酸ガス発生速度を比較した。結果を表Ⅲ-2-③-1 に示す。

表Ⅲ-2-③-1 可視光型光触媒の活性比較

|                             | CO <sub>2</sub> 発生量 (mol・sec <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------|--|
| Cu(II)/TiO <sub>2</sub> 粉体  | 2.6 × 10 <sup>-11</sup>                      |
| Cu(II)/TiO <sub>2</sub> 分散品 | 1.1 × 10 <sup>-11</sup>                      |
| HP-CW091 粉体                 | 1.4 × 10 <sup>-10</sup>                      |
| HP-N08 粉体                   | 9.7 × 10 <sup>-12</sup>                      |
| 市販品 (錯体担持型)                 | 2.5 × 10 <sup>-11</sup>                      |

表Ⅲ-2-③-1 の結果から、Cu(II)/TiO<sub>2</sub> 光触媒は、粉体であれば市販の錯体担持型酸化チタンと同等の活性を有するが、水分散安定化を行った後は、約 40%に活性が低下する。また、Cu(II)/WO<sub>3</sub> 光触媒 (HP-CW091) は、窒素ドープ型酸化チタンの約 15 倍の活性を有することが確認できた。

以上、ガス分解に主眼をおいて可視光型光触媒のスクリーニングを実施したが、さらに、抗菌・抗ウイルス性能について新規に開発された可視光型光触媒のスクリーニングを実施すると、図Ⅲ-2-③-1 に示すように酸化チタンと銅化合物の組み合わせが、非常に高い抗菌・抗ウイルス性能を発現することを見出した。



図Ⅲ-2-③-1 可視光型光触媒材料の抗ファージ性能

特に銅二価イオンを酸化チタンに担持した Cu(II)/TiO<sub>2</sub> 光触媒については、実証実験等に用いるコーティング材とする際に要求される塗膜物性および透明性を達成するために、微粒子で分散性の良い TiO<sub>2</sub> 光触媒を原材料とする Cu(II)/TiO<sub>2</sub> 光触媒の組成検討を昭和タイタニウムと協力して実施した。その結果、高度な抗ウイルス性を発現しながら塗膜物性と透明性を満足するコーティング材を作成することが可能となった。

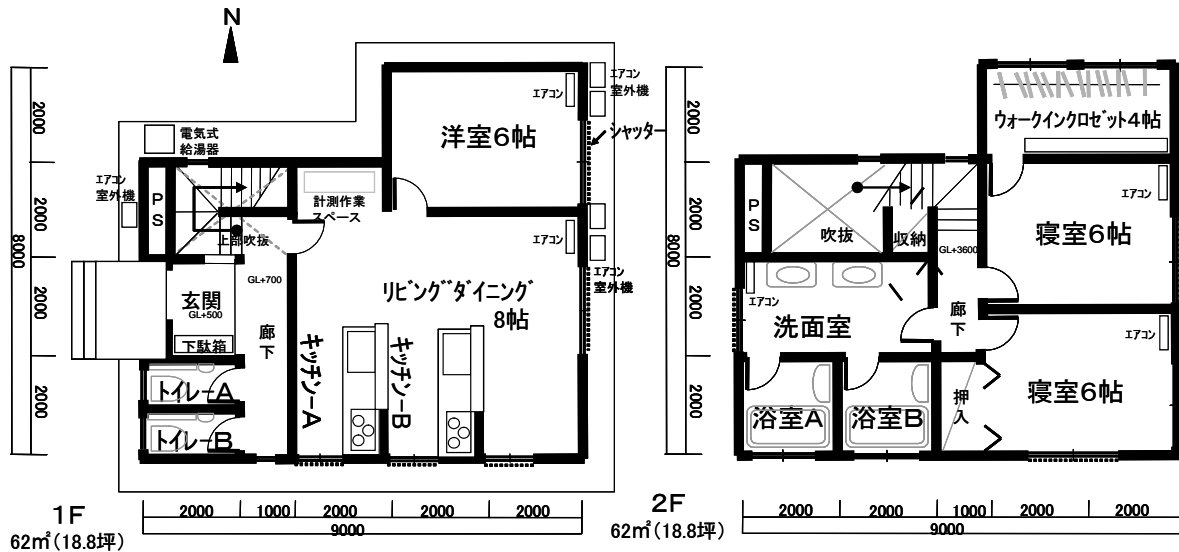
さらに、プロジェクトの進展に伴い、極めて高い抗菌・抗ウイルス性能を発現する銅化合物複合酸化チタンが東京大学と昭和タイタニウムにより開発された。この材料は Cu(II)/TiO<sub>2</sub> をも上回る抗菌・抗ウイルス性能を示し、また銅化合物の機能により暗所でも高い抗菌・抗ウイルス性能を発現する。

以上の結果から、抗菌・抗ウイルス性能に優れた可視光型光触媒として、Cu(II)/TiO<sub>2</sub>および銅化合物複合酸化チタンを選定した。

③ 現行光触媒のシステム設計による効果検証

(i) 実証住宅による効果確認

光触媒を利用した部材の実効果を検証することと、光触媒の機能を最大限活用できる利用方法の提案につなげるために、光触媒実証住宅を東京大学駒場リサーチキャンパス内に建設した。図Ⅲ-2-③-2に、光触媒実証住宅の平面図を示す。



図Ⅲ-2-③-2 光触媒実証住宅平面図

図Ⅲ-2-③-2に示すように、光量・負荷等を同じ条件で比較実験できるように、キッチン・トイレ・浴室・洗面台については、同じ仕様のものを2台設置している。なお、外装材・瓦・窓ガラス・天井材・玄関タイルには、市販あるいは試作されている光触媒適用部材を設置している。

また、各種環境条件を測定するための装置として、小型照度センサーおよび光ファイバーを利用したプローブを有する分光強度計を組み合わせた光強度測定システムを設置し、実証住宅各所の光条件をモニタリングし、光量データを集積した。

本実証住宅を用いて、市販品の可視光型光触媒（貴金属錯体担持型酸化チタン）を用いた光触媒コーティング材のホルムアルデヒド除去性能を実証確認した。その結果を表Ⅲ-2-③-2に示す。

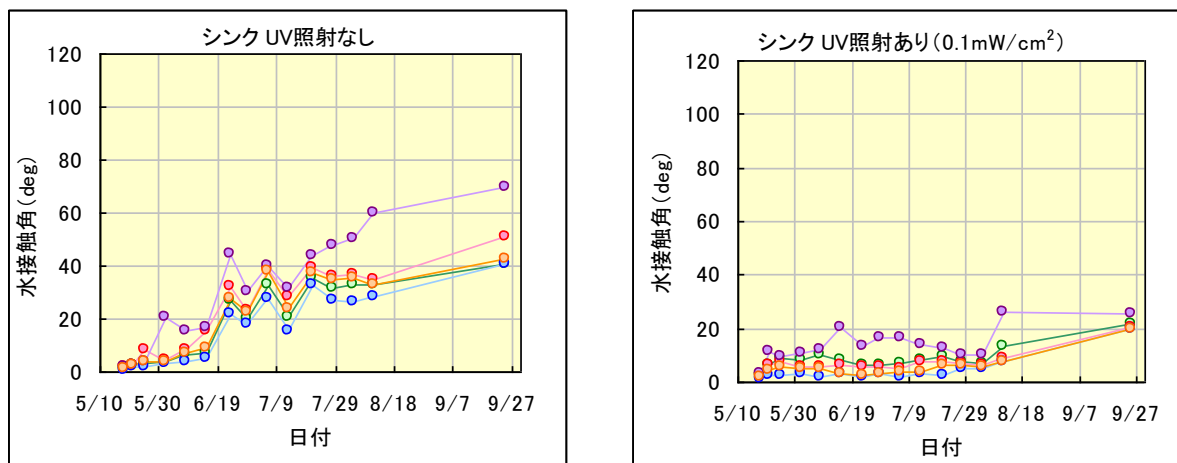
表Ⅲ-2-③-2 実証住宅におけるホルムアルデヒド除去性能実証実験結果

| No. | 測定日     | pHCHO放散          | 天井材シール | 可視光型コーティング板 | 照明  | ホルムアルデヒド濃度 (μg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|---------|------------------|--------|-------------|-----|---------------------------------|
| 1   | 12/1 AM | なし               | なし     | なし          | OFF | 9.6                             |
| 2   | 12/1 PM |                  |        |             |     | 11.7                            |
| 3   | 1/13 AM | あり<br>(0.7mg/h)  | なし     | なし          | OFF | 12.5                            |
| 4   | 1/13 PM |                  |        |             |     | 16.0                            |
| 5   | 1/16 AM | あり<br>(1.5mg/h)  | シール    | なし          | OFF | 63.4                            |
| 6   | 1/16 PM |                  |        |             |     | 66.0                            |
| 7   | 2/2 AM  | あり<br>(≒2.7mg/h) | シール    | 北面          | OFF | 109.1                           |
| 8   | 2/2 PM  |                  |        |             |     | 80.3                            |
| 9   | 2/6 AM  | あり<br>(≒2.7mg/h) | シール    | 北面          | ON  | 91.8                            |
| 10  | 2/6 PM  |                  |        |             |     | 72.4                            |
| 11  | 2/12 AM | あり<br>(≒2.7mg/h) | シール    | 東西南北面       | OFF | 89.1                            |
| 12  | 2/12 PM |                  |        |             |     | 82.2                            |
| 13  | 2/16 AM | あり<br>(≒2.7mg/h) | シール    | 東西南北面       | ON  | 94.5                            |
| 14  | 2/16 PM |                  |        |             |     | 67.1                            |

- ・「pHCHO放散」は、ホルムアルデヒド放散源としてパラホルムアルデヒドを設置したことを示す。
- ・「天井材シール」は、すでに施工済みの可視光型光触媒利用天井材の影響を排除するためアルミホイル等でシールしたことを示す。
- ・「可視光型コーティング板」は、可視光型光触媒コーティング材を塗布した金属板を設置した壁面を示す。

表Ⅲ-2-③-2の結果から、可視光型光触媒コーティング材を壁面に設置すると、午前（AM）よりも午後（PM）のホルムアルデヒド濃度が10～30%低下している。これは、日中の太陽光を利用して、可視光型光触媒コーティング材がホルムアルデヒドを分解除去したことを示している。一方、照明のみの影響は有意でない（No.7-No.9およびNo.11-No.13）。これは、実証住宅の室内照明には波長400nm以下の光をカットするアクリルフードが設置されているため、用いた可視光型光触媒では十分な光触媒活性が発現しなかったものと考えられる。

さらに、現行の光触媒を光源と組み合わせてシステム化することで、実効を得られる可能性があることから、実証住宅において、市販品の紫外光型光触媒（アナターゼ型酸化チタン）を用いた光触媒コーティング材の防汚性能を実証確認した。紫外光型光触媒コーティング材サンプルをキッチンシンク・流し台・浴室床に設置し、紫外光光源の有無により、親水性の維持性や防汚性についての検討を行った。親水性の維持性についての結果を図Ⅲ-2-③-3に示す。



図Ⅲ-2-③-3 実証住宅における親水性維持試験結果



図Ⅲ-2-③-3の結果から、紫外光型光触媒コーティング材が親水性を維持するには、住宅内の通常の光源（蛍光灯および窓からの外光）では不足で、紫外光光源が必要であることがわかった。

防汚性については、水道水を定期的に流し、自然乾燥させることを繰り返して、水垢の付着についての実証実験を行った。その結果、紫外光照射の有無による親水性維持の差はあまり影響せず、水道水が溜まる箇所に水垢が固着した。また、固着した水垢の除去性についても、紫外光照射の有無は影響がなかった。

#### (ii) ロケーションによる仕様提案

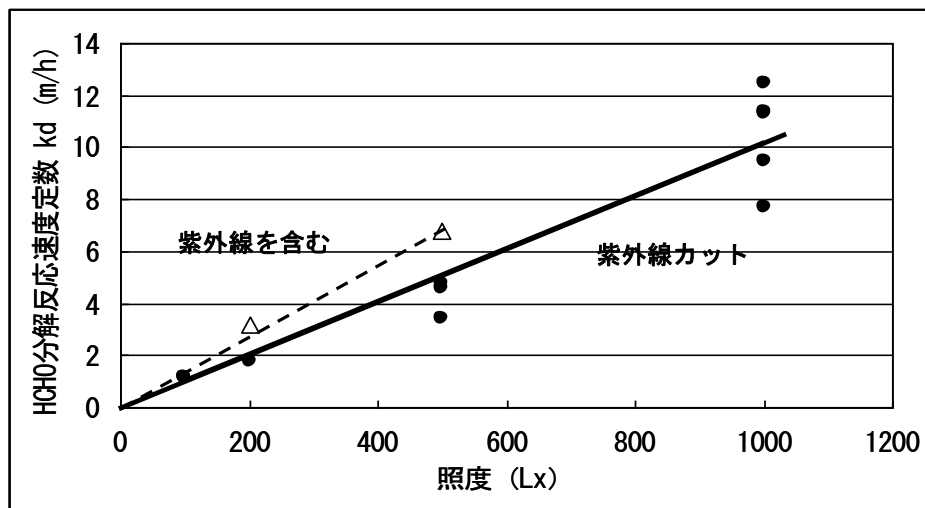
光触媒の効果を最大限活用できるための知見を集積するため、当社が東京大学駒場リサーチキャンパス内に建設した実証住宅において、住宅内の光環境・気流性状・温湿度環境といった基礎データを経時測定してデータを集積した。ここで得られた基礎データをもとに、住宅内の光量シミュレーションと気流解析シミュレーション（CFD）を構築し、それらと光触媒の反応モデルシミュレーションを連成することで、光触媒の効果予測シミュレーションを行うことができる。まず、反応モデルシミュレーションのための基本式を明確にした。

光触媒のガス分解反応を評価するにあたっては、小型チャンバー法を用い、性能値を換算換気量 $Q_d$  [m/h]で記述する。光触媒のガス分解速度 $r_d$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ]は、分解対象ガスが光触媒の表面まで拡散する拡散速度と、光触媒の反応速度の合成である。すなわち、光触媒表面の拡散速度を決定する物質伝達率を $k_t$  [m/h]、光触媒表面の反応速度定数を $k_d$  [m/h]、気中の分解対象ガス濃度を $C$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]とすると、以下の基本式が成り立つ。

$$r_d = 1 / (1/k_t + 1/k_d) \cdot C \quad (1)$$

$$1/Q_d = 1/k_t + 1/k_d \quad (2)$$

物質伝達率 $k_t$ は、気流解析シミュレーション（CFD）から得られる。光触媒の反応速度定数 $k_d$ は、小型チャンバー法における換算換気量から(2)式に基づいて拡散の影響を排除すれば算出できる。この光触媒の反応速度定数 $k_d$ は、図Ⅲ-2-③-4に示すように、光触媒表面に照射される光量に比例することが確認できている。



図Ⅲ-2-③-4 光触媒表面照度とガス分解反応速度定数の関係

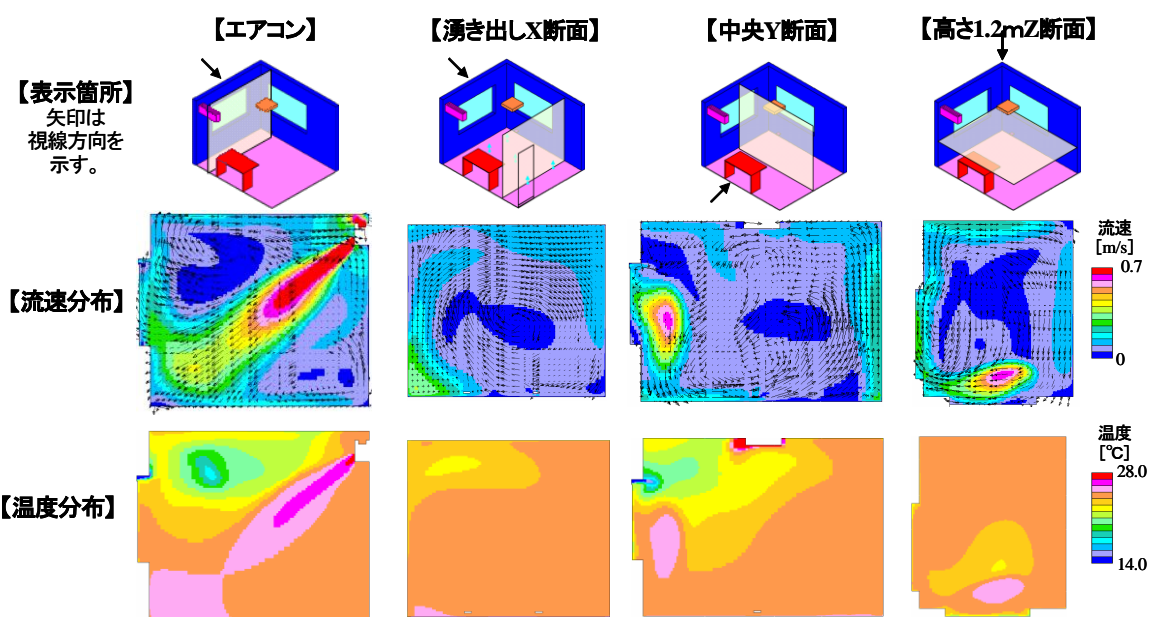
よって、住宅内の光量シミュレーションから光触媒の反応速度定数を推定することが可能となる。気流解析シミュレーション（CFD）から光触媒表面の物質伝達率を推定することができ、これらの連成で、光触媒の効果予測シミュレーションが可能となる。

以上の基本式をCFDに導入することで、光触媒効果予測シミュレーションを構築した。実証住宅の2階居室をモデルとして、CFDに温熱・拡散・光触媒反応を連成し、可視光型光触媒によるホルムアル

デヒド除去効果について解析を行った。

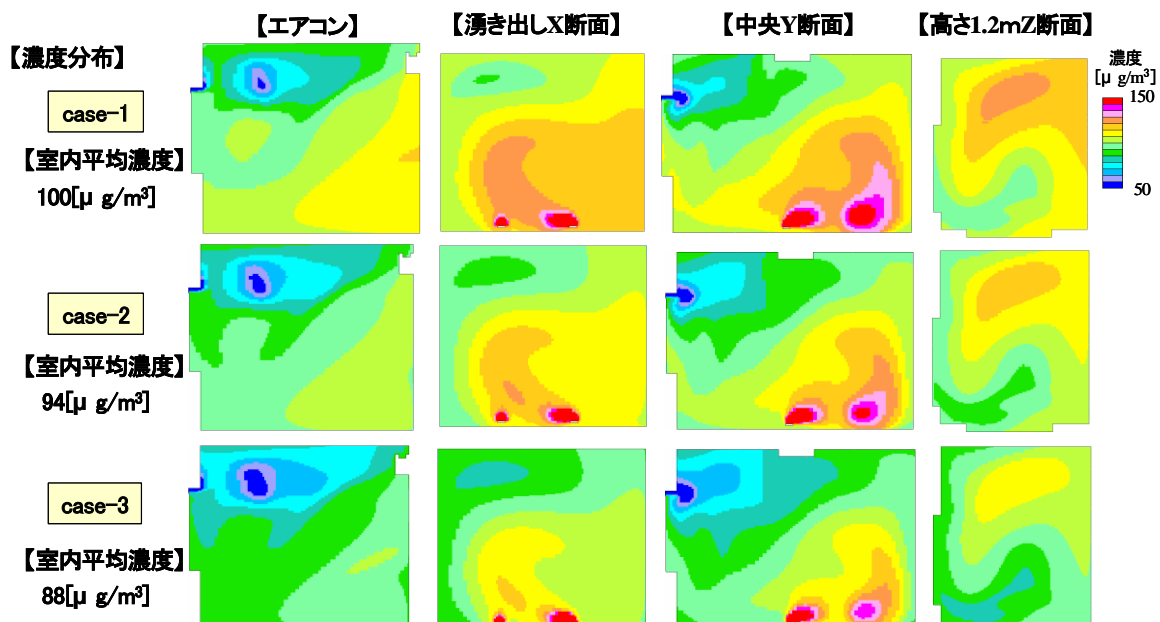
光触媒反応をCFDに連成するに際しては、上記のように妥当性を検証できた光触媒反応モデル式を用いた。また、温熱因子の解析には、実証住宅で継続してデータ収集している温度データを用いた。

図Ⅲ-2-③-5に、「冬季・エアコン運転・曇天」における気流および温熱解析結果を示す。



図Ⅲ-2-③-5 気流および温熱解析結果

続いて、ホルムアルデヒド発生源として床面5箇所にパラホルムアルデヒドを設置し、可視光型光触媒コーティング材塗布板を設置しない (Case-1)、北側壁面の全面に設置 (Case-2)、東西南北の壁面全面に設置 (Case-3) の各条件について、ホルムアルデヒド濃度解析を行った結果を図Ⅲ. 2. ③-6に示す。



図Ⅲ-2-③-6 ホルムアルデヒド濃度解析結果

以上のように、光触媒による空気浄化の効果予測シミュレーションを構築できた。本シミュレーションを利用すれば、室内空気浄化のためにどのような性能の部材をどのような部位にどの程度設置するのが好ましいのかを、その数値効果も含めて予測することが可能となる。

### (iii) 光触媒素材の目標値の設定

空気浄化性能を対象として、光触媒素材の目標値の設定を検討した。

浄化対象は、シックハウス症候群の主な原因と見なされており、建築基準法で規制の対象となっているホルムアルデヒドとした。

建築基準法では、室内のホルムアルデヒド濃度を厚生労働省の指針値である  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下とするように、機械換気設備の設置と内装部材の規制が定められている。また、室内のホルムアルデヒド濃度を  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下に保持できるような新技術については、国土交通大臣の認定のもと、機械換気設備や内装部材の制限を緩和することができる。

よって、居室全体をシステムとして捉えた際の空気浄化性能の目標値は、機械換気設備による換気量を建築基準法の規定である 0.5 回/h から 0.2 回/h 低減しても室内のホルムアルデヒド濃度を  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下に保持できるものとした。機械換気量を 0.2 回/h 低減することで、当社試算では、換気および空調のランニングコストを住宅 1 件当たり 3000 円～10000 円/年程度削減することができる。

その場合、可視光型光触媒の部材としては、一般的な気積率モデルを想定することから性能目標値を算出することが可能であり、換気量換算値で表した場合、 $0.4\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$  以上となる。

よって、光触媒部材の空気浄化性能の目標値は、室内の可視光条件において、換気量換算値で  $0.4\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$  以上に設定することとした。

## ④ 評価方法の確立

### (i) JIS に基づいた試験方法の確立

当社は、可視光型光触媒の空気浄化機能を評価する試験方法として、小型チャンバー法を JIS に提案している。本試験方法は実際の室内条件を再現し、実効果の指標である換気量換算値を得られる優れた試験方法であるが、手順の複雑さや精度確保が困難であるという欠点がある。一方、ホルムアルデヒドに対する光触媒の除去性能試験方法として流通式の JIS R 1701-4 が紫外光型では制定済みであり、同 JIS の可視光型対応も JIS 提案されている。流通式試験法は、実効果の指標である換気量換算値を直接得ることはできないが、試験が相対的に簡便であり、精度も高いという利点がある。

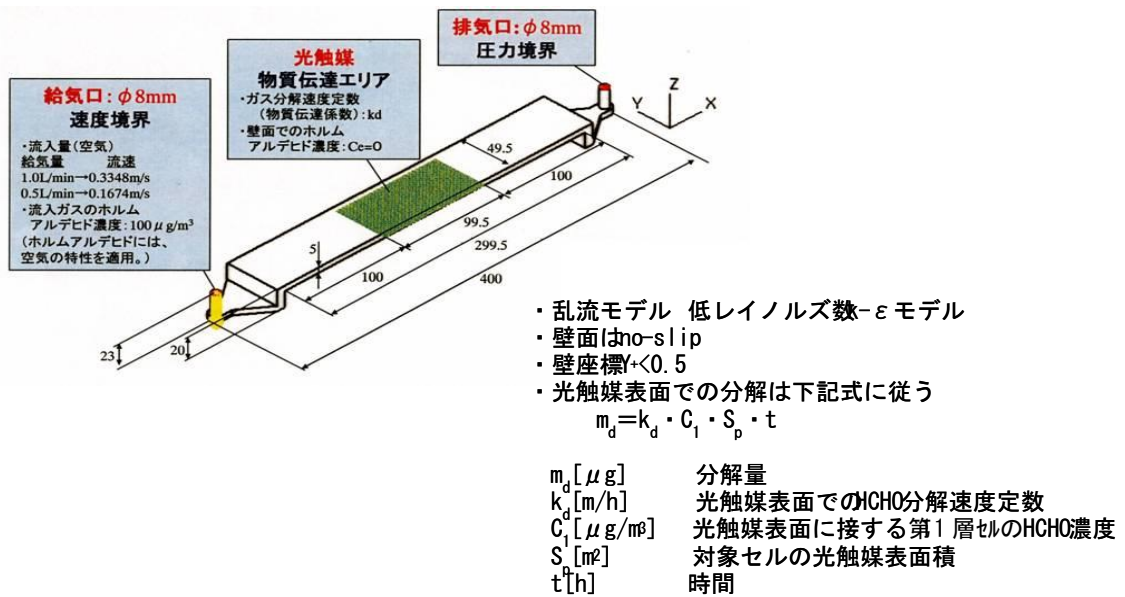
そこで、流通式試験方法の測定装置について、③(ii) で示した可視光型光触媒の反応速度基本式を連成した気流解析シミュレーション (CFD) を実施することで、同試験方法の評価結果であるホルムアルデヒド除去率と光触媒材料の物性値である換気量換算値の関係を明らかにし、その結果から流通式試験法と小型チャンバー試験法の関係を明確化した。

図Ⅲ-2-③-7 に示すように、乱流モデル (低 Re 数  $k-\epsilon$  モデル) にて流通式測定装置の気流解析モデルを作成し、光触媒表面での物質分解量  $m_d[\mu\text{g}]$  を下記(3)式として CFD モデルに連成した。

$$m_d = k_d \cdot C_1 \cdot S_p \cdot t \quad (3)$$

ただし、 $C_1[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  は光触媒表面に接する第 1 層セルのホルムアルデヒド濃度、 $S_p[\text{m}^2]$  は対象セルの光触媒の表面積、 $t[\text{h}]$  は時間である。

光触媒表面に接する第 1 層セルまでのホルムアルデヒドの物質移動は、気流による移流および拡散を CFD で解析することにより算出している。光触媒表面でのセル高さを十分に小さくしているため、光触媒表面に接する第 1 層セルから光触媒表面までの物質移動は、物質伝達率を無限として近似している。すなわち、光触媒表面に接する第 1 層セルから光触媒表面までの物質移動は瞬時に行われ、 $C_s = C_1$  と仮定している。



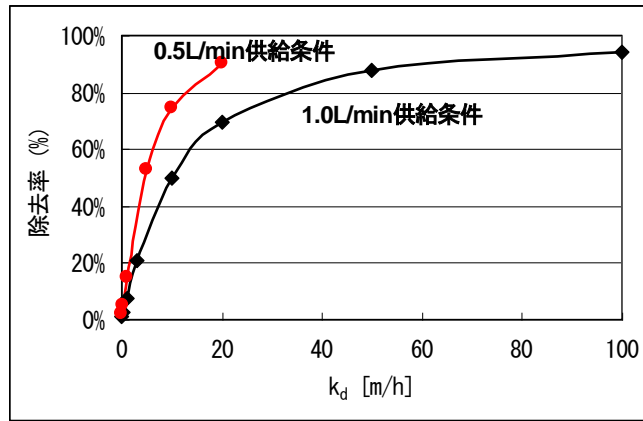
図Ⅲ-2-③-7 流通式測定装置のCFDモデル

上記モデルにおいて、給気量および光触媒の分解反応速度定数  $k_d$  を変更して解析を行い、流速分布、ホルムアルデヒド濃度分布、ホルムアルデヒド出口濃度、除去率を求めた。なお、給気のホルムアルデヒド濃度は  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  とした。ホルムアルデヒドの密度、拡散係数については極めて低濃度を取り扱うため、空気と同様とした。表Ⅲ-2-③-3に、計算結果を示す。

表Ⅲ-2-③-3 流通式測定装置のCFD計算結果

|         | 計算条件        |                                   |             | 計算結果                              |         |
|---------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|---------|
|         | 給気量 [L/min] | 給気濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | $k_d$ [m/h] | 出口濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 除去率 [%] |
| Case-1  | 1.0         | 100                               | 0.1         | 99.09                             | 0.91%   |
| Case-2  | 1.0         | 100                               | 0.3         | 97.58                             | 2.42%   |
| Case-3  | 1.0         | 100                               | 1.0         | 92.44                             | 7.56%   |
| Case-4  | 1.0         | 100                               | 3.0         | 79.3                              | 20.70%  |
| Case-5  | 1.0         | 100                               | 10.0        | 50.25                             | 49.75%  |
| Case-6  | 1.0         | 100                               | 20.0        | 30.44                             | 69.56%  |
| Case-11 | 1.0         | 100                               | 50.0        | 12.2                              | 87.80%  |
| Case-12 | 1.0         | 100                               | 100.0       | 6.13                              | 93.87%  |
| Case-13 | 1.0         | 100                               | 500.0       | 2.08                              | 97.92%  |
| Case-7  | 1.0         | 100                               | 99999.0     | 1.44                              | 98.56%  |
| Case-8  | 0.5         | 100                               | 1.0         | 85.21                             | 14.79%  |
| Case-9  | 0.5         | 100                               | 0.3         | 95                                | 5.00%   |
| Case-10 | 0.5         | 100                               | 0.1         | 97.91                             | 2.09%   |
| Case-14 | 0.5         | 100                               | 5.0         | 47.38                             | 52.62%  |
| Case-15 | 0.5         | 100                               | 10.0        | 25.66                             | 74.34%  |
| Case-16 | 0.5         | 100                               | 20.0        | 9.79                              | 90.21%  |

表Ⅲ-2-③-3に示した計算結果から、光触媒の分解反応速度定数  $k_d$  に対して除去率をプロットした結果を図Ⅲ-2-③-8に示す。



図Ⅲ-2-③-8 光触媒の分解反応速度定数  $k_d$  と除去率の関係

このプロットから、光触媒の分解反応速度定数  $k_d$  [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  $R^2=0.9988$

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

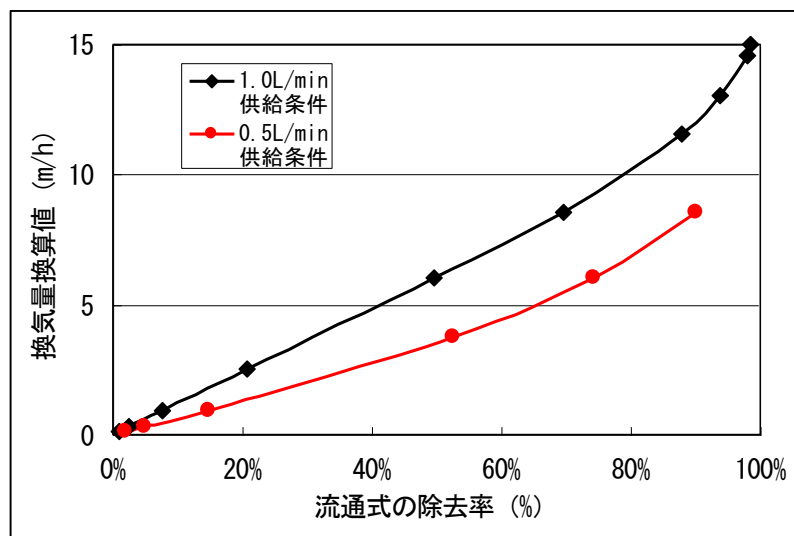
$$C_{out}[\mu\text{g}/\text{m}^3]=C_{in}/(3.0\times 10^{-4}\cdot k_d^2+1.2\times 10^{-1}\cdot k_d+1.0) \quad (5)$$

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

$$R[\%]=100-100/(2.0\times 10^{-2}\cdot k_d^2+1.3\times 10^{-1}\cdot k_d+1.0) \quad (6)$$

$$C_{out}[\mu\text{g}/\text{m}^3]=C_{in}/(2.0\times 10^{-2}\cdot k_d^2+1.3\times 10^{-1}\cdot k_d+1.0) \quad (7)$$

また、③(ii)の(2)式で小型チャンバー法における換気量換算値  $Q_d$  [ $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ] と分解反応速度定数  $k_d$  [m/h] の関係を示しているの、以上から流通式の除去率  $R$  [%] と小型チャンバー法の換気量換算値  $Q_d$  [ $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ] の関係を求めると、図Ⅲ-2-③-9 のようになる。



図Ⅲ-2-. ③-9 流通式の除去率と小型チャンバー法の換気量換算値の関係

図Ⅲ-2-③-9 を見ると、流通式の 1.0L/min 供給条件では、除去率 0~80% の範囲で、除去率と換気量換算値はほぼ比例の関係にあり、

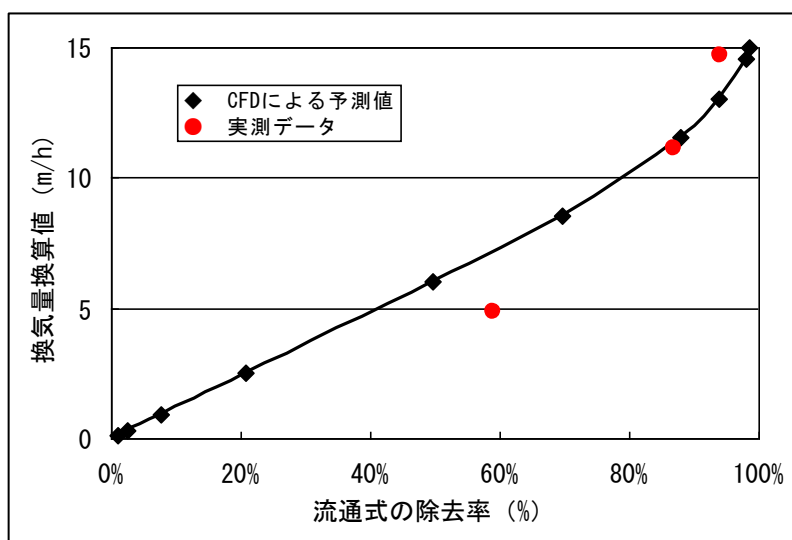
$$Q_d[\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}]=0.12\times R[\%] \quad (8)$$

と、流通法の除去率と小型チャンバー法の換気量換算値の相関を明確にできた。

上記の関係式と実測データが合致をおおむね合致していることを確認するため、流通法および小型チャンバー法の測定データが上記関係に従うか、検討した。3種類の可視光型光触媒サンプルについて、流通法データはHCHO供給濃度0.19ppm・照度6,000Lx、小型チャンバー法データはHCHO供給濃度0.08ppm・照度1,000Lxのものが得られている。そこで、次の手順でデータ比較を行った。

- a) 小型チャンバー法のデータ ( $Q_d$ ) から、(2)式より照度1,000Lxのときの  $k_d$  を算出
- b) a)で得られた  $k_d$  を6倍し、照度6,000Lxのときの  $k_d$  と見なす
- c) b)で得られた照度6,000Lxのときの  $k_d$  を(4)式に代入し、流通法の除去率  $R$  を予測
- d) 小型チャンバー法の実測  $Q_d$  と c)で得られた流通法の予測  $R$  を図Ⅲ. 2. ③-9にプロット

上記のd)を行ったのが、図Ⅲ-2-③-10である。上記のシミュレーションで得られた流通法の除去率と小型チャンバー法の換気量換算値の相関は、実際の実験結果とよく合致することが確認できた。

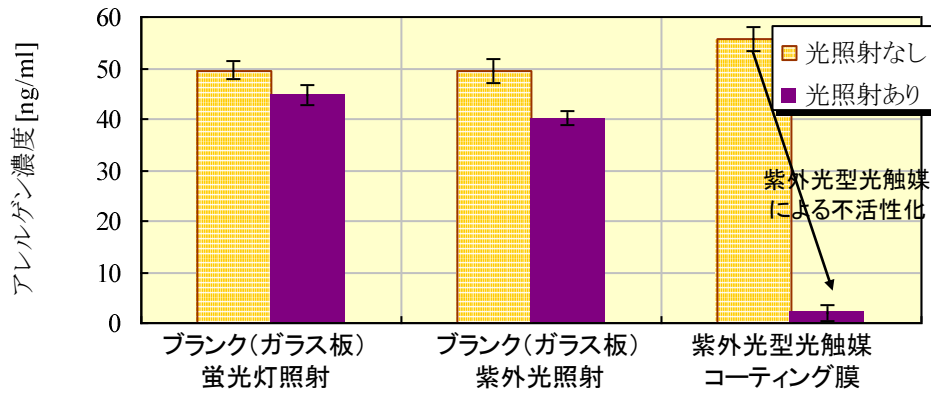


図Ⅲ-2-③-10 除去率 vs 換気量換算値の関係式プロットと実測データからの予測値の比較

また、以上はホルムアルデヒドやVOC（揮発性有機化合物）等のガスの浄化を想定した評価方法の開発であるが、喘息等のアレルギー症状を引き起こす室内のダニアレルゲンを可視光型光触媒により低減することも期待される。しかし、光触媒によるアレルギー不活性化性能を評価する方法は、まだ標準化されていない。そこで、光触媒の抗アレルギー性能評価方法の開発を行った。

抗アレルギー性能の評価方法は、光触媒による抗菌性能の評価方法であるJIS R 1702を参考にして、ダニアレルゲン量を酵素免疫測定法（ELISA法）で定量することとした。

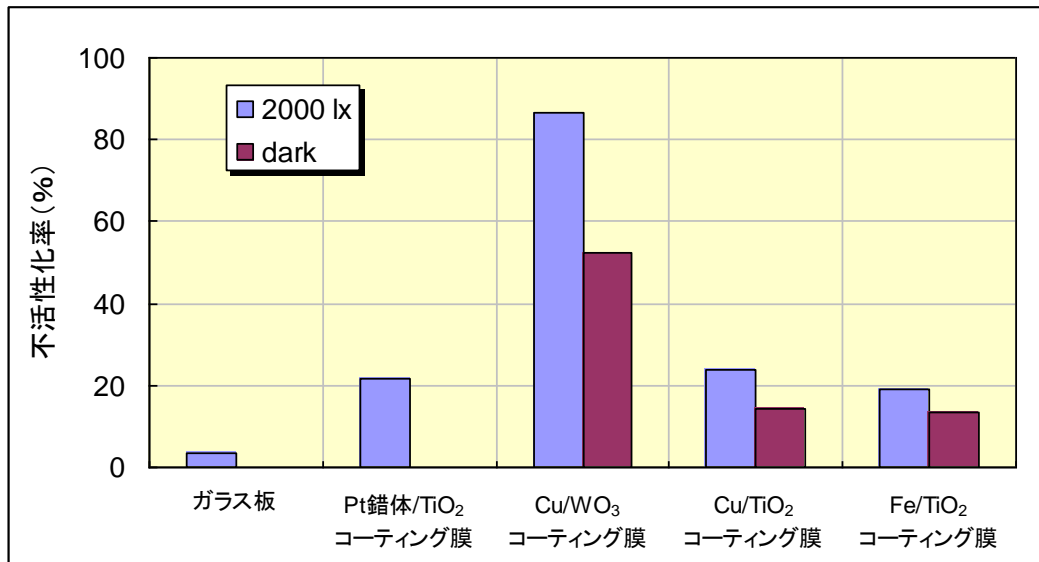
図Ⅲ-2-③-11に、評価方法の妥当性および再現性を確認するために、紫外光型光触媒コーティング膜と紫外光光源の組み合わせで行った試験結果を示す。



図Ⅲ-2-③-11 紫外光型光触媒による抗アレルギー性能試験結果

図Ⅲ-2-③-11 に示す結果から、光照射による影響がわずかにあるものの、試験の定量性や再現性には問題がないことがわかった。

そこで、可視光型光触媒コーティング膜に可視光 (2000lx・400nm 以下カット) 照射下条件で、同様に抗アレルギー性能を評価した。その結果を図Ⅲ. 2. ③-12 に示す。



図Ⅲ-2-③-12 可視光型光触媒塗膜における抗アレルギー性能試験結果

図Ⅲ-2-③-12 から、可視光型光触媒でも抗アレルギー性能を発現することを確認した。特に、Cu(II)/WO<sub>3</sub> 可視光型光触媒は顕著な抗アレルギー性能を示した。詳細に検討すると、WO<sub>3</sub> 微粒子が暗所でも抗アレルギー性を示したことから、WO<sub>3</sub> 微粒子がダニアレルギーに対して何らかの変性作用を及ぼすことで、可視光活性と複合して抗アレルギー性能を発現していることが示唆された。

#### (ii) 空間としての評価基準の策定

空気浄化性能を対象とした場合、空間としての可視光型光触媒の機能評価基準は、換気量換算値で表されることが望ましい。換気量換算値は、光触媒による浄化効果を清浄な空気の換気効果に換算して表すものである。換気量換算値は、吸着により気中のホルムアルデヒドを低減する建材の試験方法である JIS A 1905 において、すでに評価結果の算出方法として用いられている。可視光型光触媒においても、特に室内の空気浄化を目的とした建材等の評価基準は、現行の建材と同一の基準を採用すべきと考える。

JIS A 1905 と同様に小型チャンバー法を可視光型光触媒の空気浄化性能試験に用いれば、(i) でも

示したように、換気量換算値  $q_{eq}$  を直接求めることができる。その算出方法は、以下のとおりである。

$$q_{eq} [\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}] = (\rho_{in} / \rho_{out} - 1) q_c / A \quad (9)$$

ただし、 $\rho_{in} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$  は小型チャンバー入口のホルムアルデヒド濃度、 $\rho_{out} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$  は小型チャンバー出口のホルムアルデヒド濃度、 $q_c [\text{m}^3/\text{h}]$  は小型チャンバーの換気量、 $A [\text{m}^2]$  は光触媒サンプルの表面積である。

我々は、換気量換算値を直接算出できる小型チャンバー法を、JIS および ISO に提案する活動を行った。JIS は 2012 年度中に成立する予定であり、ISO は 2012 年度中に委員会原案 (CD) に移行する予定である。

(iii) 人間工学面からの官能評価方法の検討

可視光型光触媒の防汚機能を評価するにあたり、汚れ度合いを官能評価し、さらにそれを定量的に扱う方法について検討した。

すでに当社において独自開発していた汚れの評価方法として、変角色差による汚れの外観指標化技術がある。この技術は、図 III-2-③-13 に示すように一定の照射角から光をあて、複数の受光角における色差を積算したものを汚れ指標とするものである。

$$\text{汚れ指標} = \sum k \Delta E^*_{ab}$$

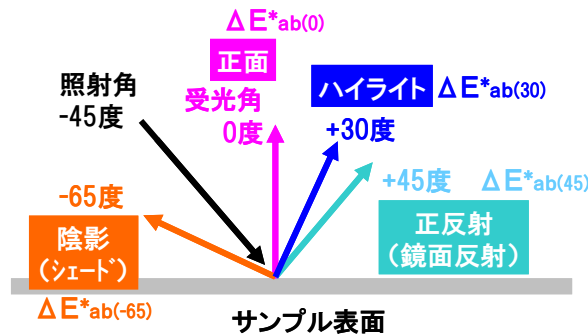


図 III-2-③-13 汚れ指標としての変角色差について

本指標値が、汚れに対する官能評価の結果（汚れが気にならない～非常に気になるレベルを数値回答）とよい相関があることを確認した。その結果を図 III-2-③-14 に示す。

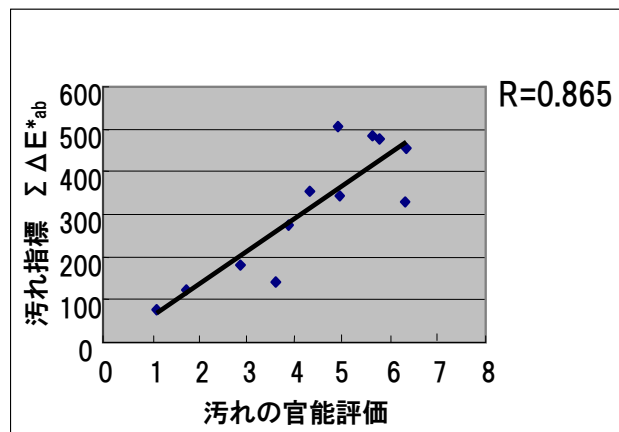


図 III-2-③-14 汚れ指標（変角色差）と官能評価の関係



本指標により、汚れ度合いを定量的に評価できることがわかった。しかし、③(i)に示したように、現行の紫外光型光触媒を防汚目的で室内にて使用するには、紫外光源が必要であることと主な汚れのひとつである水垢に対する効果がないことから有効ではない。さらに、開発された可視光型光触媒も防汚目的で用いるには、セルフクリーニング性を発現するには非常に強い光が必要であることがわかったため、室内の防汚機能を光触媒の主機能として訴求するのは課題が大きいと判断した。

#### ⑤ ロケーション別光触媒システムの実用化検討

光触媒を製品として光源等と組み合わせ、種々の最適なロケーションに対してシステムとして適用できるかを検討すると、これまでの結果から、室内のホルムアルデヒド濃度低減に対して、可視光型光触媒を用いた建材と光源の組み合わせが有望であると考えられる。一方、防汚機能については、室内で実用的な防汚性を発現するには課題が大きく、極めて困難であると考えられる。

また、プロジェクト内で新たな可視光型光触媒材料の開発が進み、高度な抗菌・抗ウイルス性能を発現する材料が見出された。

以上の状況を鑑み、実用化検討として製品及びシステムの具体化を進めるにあたっては、室内の空気浄化機能と、抗菌・抗ウイルス機能を主眼として再検討する必要があると考えた。

そのため、平成21年度の間評価終了後、平成22年度および23年度においては、抗菌・抗ウイルス機能の医療・衛生用途への適用可能性検証を主眼とし、空気浄化性能についても引き続き実用化を検討するものとした。

#### ⑥ 実証実験住宅による実用化課題検証

##### (i) 実証実験住宅（バージョン2）の設計指針導出

可視光型光触媒による抗菌・抗ウイルス性能を検証し、実用化課題を抽出するにあたって、実験住宅の改造を行う必要があるかを検討した。

その結果、抗ウイルス性能を評価するために $Q\beta$ バクテリオファージを実験住宅で取り扱う可能性があるため、バイオセーフティレベル1を満たす実験室とする必要があると判断した。バイオセーフティレベル1を満たすにあたっては、住宅の密閉性や水洗設備を検討した結果、特に設備・設計面で見直しを行う必要はないことが判明した。そのため、現行の状態でも東京大学にバイオセーフティレベル1の実験室と申請して受理された。

#### ⑦ 医療・衛生用途の光触媒適用可能性検証

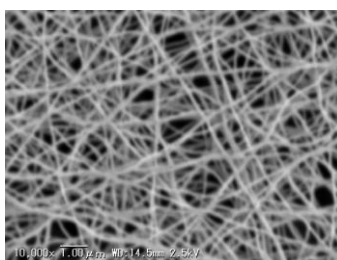
##### (i) 技術調査・システム構想策定

新規に開発された可視光型光触媒において、高度な抗菌・抗ウイルス性能を発現することが確認された。そこで、特に抗ウイルス機能に着目して、インフルエンザ等の感染リスクを低減するために医療・衛生用途に展開できないか、調査・検討を行った。

可視光型光触媒を接触感染の媒体となる各種の表面に適用すれば、表面でウイルスを不活性化することにより感染リスクを低減できる可能性がある。そのため、②(ii)に示したように、抗ウイルス用途に適した可視光型光触媒のスクリーニングを実施し、 $Cu(II)/TiO_2$ が好適であることを見出した。

さらに、可視光型光触媒を医療・衛生用途で利用する場合、空気清浄装置のフィルターに適用することが考えられる。しかし、ウイルスは極めて小さいため、従来のフィルターでは捕捉できない可能性もある。そこで、ウイルスを捕捉可能な $nm\sim\mu m$ オーダーの細孔を有する光触媒ナノフィルターの開発を目的として、電界紡糸法による酸化チタンナノファイバー作成の検討を行った。

その結果、図Ⅲ-2-③-15に示すような酸化チタンナノファイバーが得られる材料および装置の条件を明確にした。



図Ⅲ-2-③-15 電界紡糸法による酸化チタンナノファイバーの作成例

#### (ii) 現状レベル把握

可視光型光触媒塗膜による抗菌・抗ウイルス性能を実証評価するため、不特定多数の人々が利用する施設での予備実験を行った。その結果から、サンプル表面における落下付着菌の生菌数を測定することで、バラツキは大きいものの可視光型光触媒塗膜の抗菌性を実証評価可能であることと、その際の適切な実験条件を明確にした。

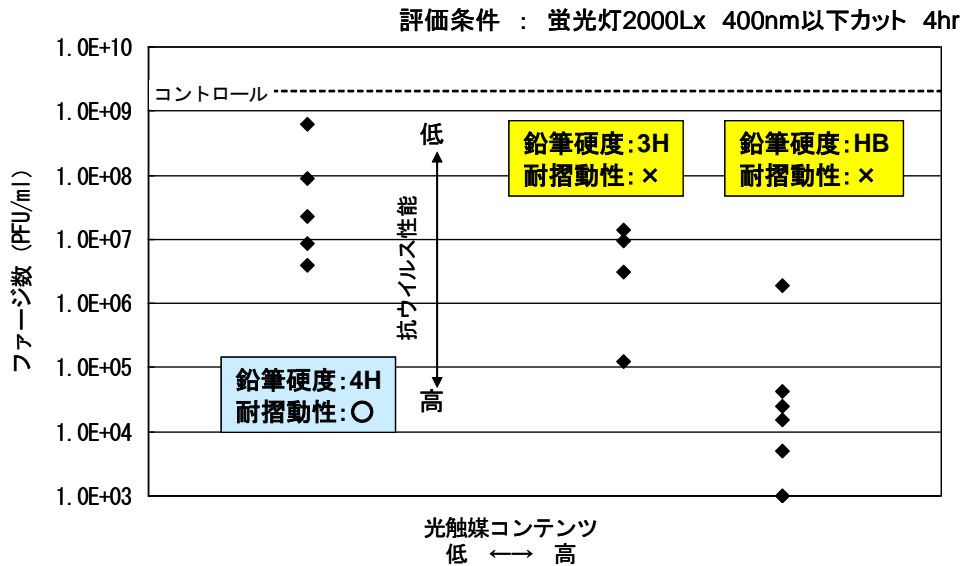
#### (iii) 空港実験等によるバックデータの集積

抗菌・抗ウイルス機能については、その効果が目に見えないため、製品化の際に訴求するには標準化とバックデータの充実が重要になる。従来の抗菌材料は、実際の環境での実効果を検証されたものではなく、実証データに乏しい。我々は、可視光型光触媒の高度な抗菌・抗ウイルス性能を利用して感染リスクの低減まで踏み込んで訴求したいことから、実証データを特に重視して集積することとした。

実証評価を行うには、実証評価に適した部材サンプルを作成し、施工する必要がある。当然ながら、施工後の使用にも耐える品質を有する必要もある。そこで、実証評価を行うために、まずは適切な可視光型光触媒の選定と、それを用いた実証評価用のコーティング材・フィルム材の作成を検討した。

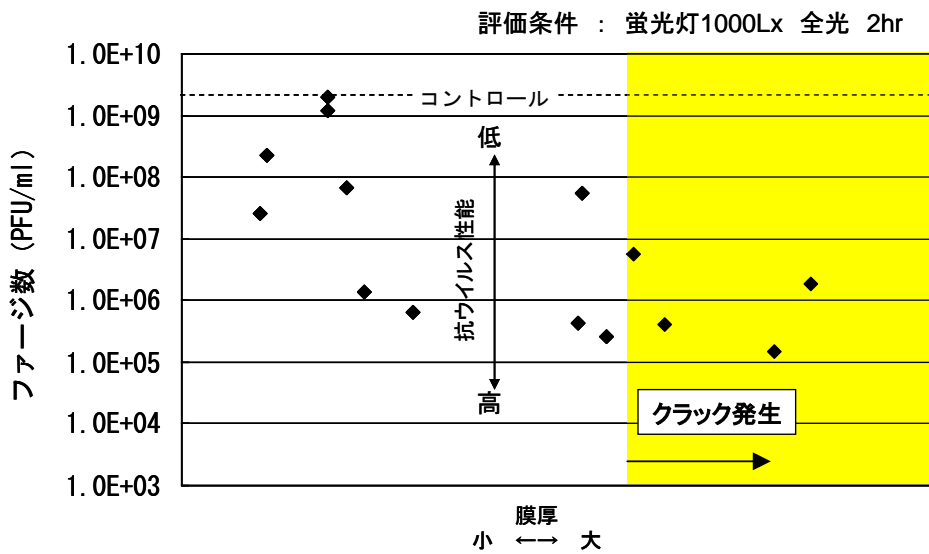
我々は、②(ii)に示すように、抗菌・抗ウイルス性能に優れた可視光型光触媒として、Cu(II)/TiO<sub>2</sub>および銅化合物複合酸化チタンを選定した。そしてこれらを樹脂バインダーと複合化することで可視光型光触媒コーティング材を開発した。

コーティング材開発の際に特に大きな課題となったのは、可視光型光触媒の機能と塗膜の物理物性の両立であった。図Ⅲ-2-③-16に、光触媒の抗ウイルス性能および塗膜の物理物性と、光触媒の配合比の関係を示す。図Ⅲ-2-③-16で明らかなように可視光型光触媒の抗ウイルス性能と塗膜の物理物性はトレードオフの関係となる。そのため、製品として想定される性能を満たす光触媒配合比の最適化により、実用上でも有効なレベルの抗菌・抗ウイルス性と塗膜の物理物性を両立する材料設計を行った。



図Ⅲ-2-③-16 光触媒配合比による抗ウイルス性能と物理物性の変化

さらに、可視光型光触媒塗膜の抗菌・抗ウイルス性能には、膜厚の影響があることがわかった。その結果を図Ⅲ-2-③-17に示す。



図Ⅲ-2-③-17 塗膜の膜厚による抗ウイルス性能の変化

図Ⅲ-2-③-17に示すように、可視光型光触媒塗膜の膜厚が大きいほど抗ウイルス性能は高くなる。しかし、膜厚を大きくしすぎるとクラック発生等の不都合や、コスト増大等の問題がある。そこで、用途や要求性能から最適な膜厚を選定する必要があることがわかった。

以上の検討結果から、抗菌・抗ウイルス性能が両立した可視光型光触媒コーティング材を開発することができた。さらに、本コーティング材をプラスチックフィルム基材に塗布・硬化し、粘着層の加工等を行うことによって、高い抗菌・抗ウイルス性と塗膜物性を兼ね備えた可視光型光触媒フィルム材を開発することができた。

図Ⅲ-2-③-18に開発したフィルム材の構造を示す。また、表Ⅲ-2-③-4に可視光型光触媒としてCu(II)/TiO<sub>2</sub>を用いて作成したフィルム材の物性を示す。

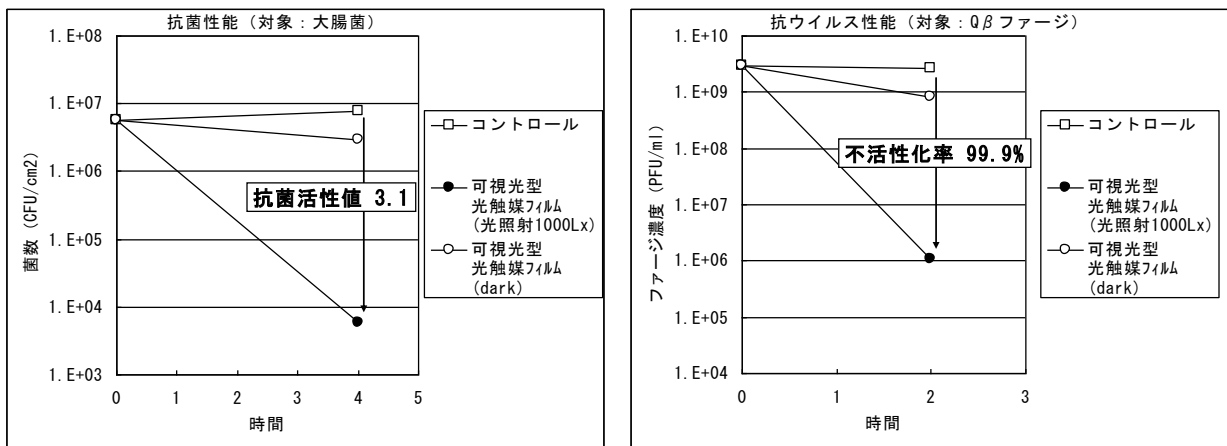
|                            |
|----------------------------|
| 保護フィルム                     |
| 光触媒層 厚み:1μm                |
| プラスチック(PET)フィルム<br>厚み:50μm |
| 粘着層                        |
| セパレータ                      |

図Ⅲ-2-③-18 可視光型光触媒フィルム材の構造

表Ⅲ-2-③-4 可視光型光触媒 (Cu(Ⅱ)/TiO<sub>2</sub>) フィルム材の物性

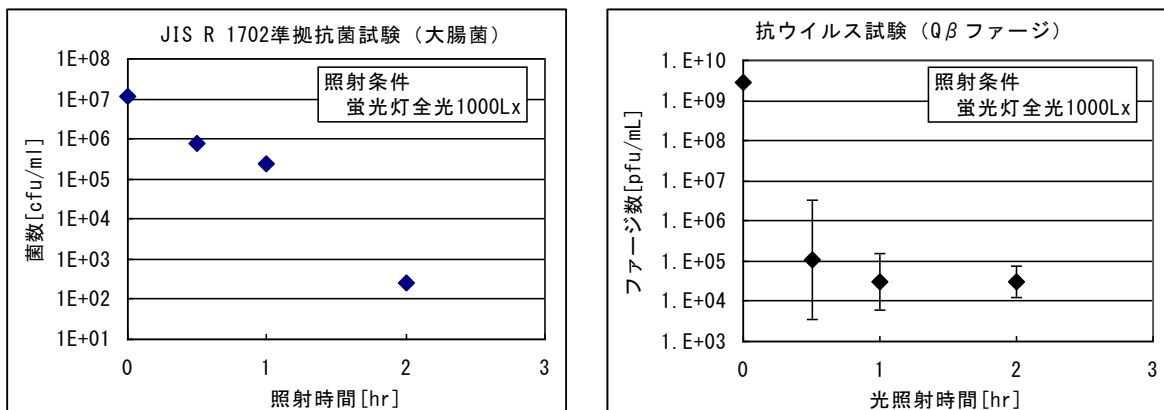
| 物性     | 評価結果                |
|--------|---------------------|
| 透明性    | ヘイズ1.0%             |
| 表面鉛筆硬度 | H                   |
| 耐溶剤性   | アルコール拭き取り100回以上問題なし |
| 耐薬品性   | 強アルカリ性以外は使用環境で問題なし  |

図Ⅲ-2-③-19 に、可視光型光触媒として Cu(Ⅱ)/TiO<sub>2</sub> を用いて作成したフィルムの抗菌・抗ウイルス性能を示す。なお、抗菌性能は、JIS R 1702 に準拠した方法で、抗ウイルス性能は同 JIS をもとに本プロジェクトで開発された方法で評価しており、どちらも、光源には一般的な白色蛍光灯を使用している。



図Ⅲ-2-③-19 可視光型光触媒 (Cu(Ⅱ)/TiO<sub>2</sub>) フィルム材の抗菌・抗ウイルス性能

さらに、図Ⅲ-2-③-20 には、可視光型光触媒として銅化合物複合酸化チタンを用いて作成したフィルムの抗菌・抗ウイルス性能を示す。



図Ⅲ-2-③-20 可視光型光触媒 (銅化合物複合酸化チタン) フィルム材の抗菌・抗ウイルス性能

いずれも高い抗菌・抗ウイルス性能を示すが、特に銅化合物複合酸化チタンフィルムは、極めて高い抗菌・抗ウイルス性能を示し、蛍光灯 1000Lx 照射下にて 4 時間で 2 桁以上の低減効果という目標値を大きく上回り、0.5~1 時間で 5 桁程度の低減効果を達成した。ただし、銅化合物複合酸化チタンフィルムについては、銅化合物由来のわずかな着色があるうえ、塗膜物性が低下する傾向にあるため、幅広く製品化するにはより改良を行う必要がある。

開発した可視光型光触媒フィルム材の実証効果を検証するために、東京大学集中研および北海道空港株式会社と共同で、新千歳空港における抗菌・抗ウイルス機能の実証実験を実施した。

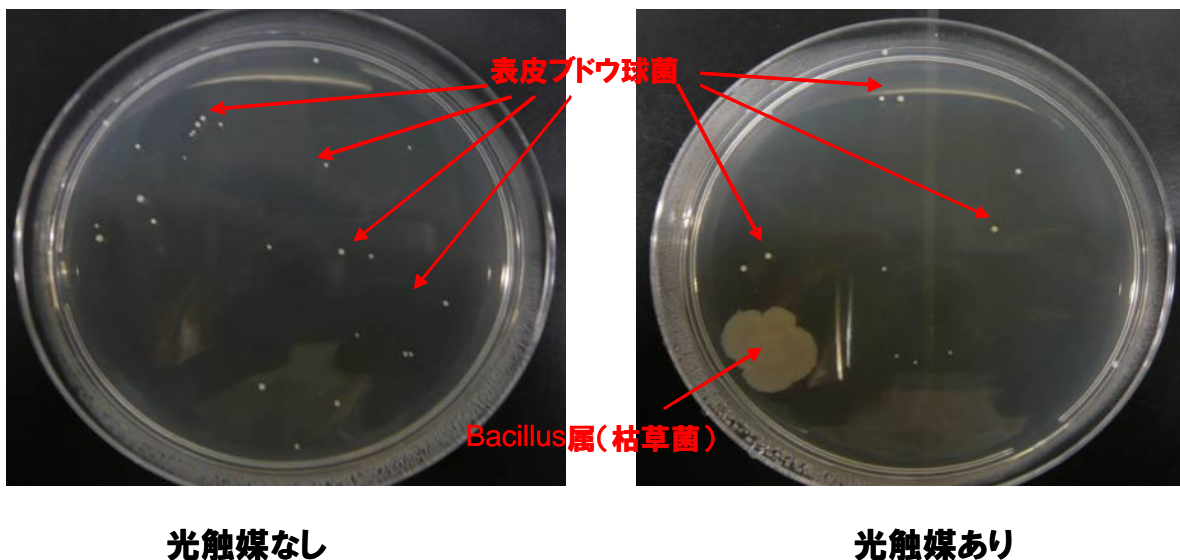
図Ⅲ-2-③-21 に示すように、荷物運搬用カートのハンドル部 (1300 台中 300 台)、階段手すり (2 箇所)、総合案内カウンターの天板 (8 箇所) に開発した Cu(Ⅱ)/TiO<sub>2</sub> 可視光型光触媒フィルムの施工、あるいは同フィルムを貼り付けたデスクマットの設置を行った。



図Ⅲ-2-③-21 新千歳空港における可視光型光触媒フィルムの施工事例

施工後、表面付着菌の採取・定量を行い、可視光型光触媒フィルムの効果を検証した。

まず予備検討において得られた結果で、実環境の一般雑菌を採取して定量評価する際には、菌の種類の分離・同定に留意する必要があることがわかった。図Ⅲ-2-③-22 に、新千歳空港のカートハンドル部 (可視光型光触媒フィルムあり/なし) について各 5 台拭き取り) から得られた表面付着菌の培養結果を示す。



図Ⅲ-2-③-22 新千歳空港カートハンドルから採取した細菌の培養結果

可視光型光触媒フィルムを施工したものでは、掌の主要な常在菌である表皮ブドウ球菌が半分程度に減少している。医療・衛生施設における院内感染において重要な MRSA（メチシリン耐性黄色ブドウ球菌）は同じブドウ球菌属であるため、可視光型光触媒フィルムによって MRSA の減少を期待できることが示唆された。一方、*Bacillus* 属に属する枯草菌が、可視光型光触媒ありの採取サンプルにおいてコロニーを形成している。*Bacillus* 属は、乾燥状態や貧栄養状態などの環境では、芽胞と呼ばれる極めて耐久性の高い細胞構造をとることが知られている。そのため、カートハンドルの表面では芽胞の状態にあり、可視光型光触媒による不活性化が困難であったと考えられる。

このような一般環境表面からの採取菌を分離せずに培養し、コロニー数をカウントすると、メカニズムの点から可視光型光触媒の効果が低い細菌による影響を受け、ターゲットとする細菌やウイルスに対する効果を過小評価することになる。可視光型光触媒の抗菌・抗ウイルス機能の実証評価における最重要の課題は、ラボにおける JIS（あるいは JIS 制定予定の）標準試験法の結果と、実環境における効果の相関を明確化することである。そうすれば、ラボ試験の結果から、実際の効果を推定することができる。そのためには、実証実験において、菌種の分離・同定を行った上で定量評価を行うことが必要であることが、明確になった。

表Ⅲ-2-③-5 に、ブドウ球菌属と *Bacillus* 属を分離して行った評価結果を示す。ブドウ球菌属に着目すれば、可視光型光触媒フィルムは、効果的に付着した細菌を不活性化し、生菌数は 50%程度に低減していることがわかる。

表Ⅲ-2-③-5 新千歳空港におけるカート表面の付着菌に対する可視光型光触媒フィルムの効果

| 採取日       | 対象                | 付着菌数(CFU/カート1台)              |       |        |                     |       |        |
|-----------|-------------------|------------------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
|           |                   | Staphylococcus属:ブドウ球菌(人の掌由来) |       |        | Bacillus属:枯草菌(環境由来) |       |        |
|           |                   | 光触媒あり                        | 光触媒なし | 光触媒の効果 | 光触媒あり               | 光触媒なし | 光触媒の効果 |
| 2011/2/17 | カートハンドル<br>(各5台)  | 280                          | 502   | 46%減少  | 20                  | 検出せず  | 不明     |
| 2011/4/18 | カートハンドル<br>(各20台) | 538                          | 1856  | 71%減少  | 406                 | 146   | 178%増加 |
| 2011/5/31 | カートハンドル<br>(各30台) | 1958                         | 2692  | 27%減少  | 267                 | 617   | 57%減少  |

以上により、開発した可視光型光触媒フィルムにより、抗菌機能の実効果を実環境にて検証することができた。新千歳空港の荷物用カートハンドルへの施工結果から、人の手由来の黄色ブドウ球菌を50%程度低減できることがわかった。図Ⅲ-2-③-19や図Ⅲ-2-③-20に示すように、可視光型光触媒のウイルスへの不活性化作用は、細菌に対するよりもさらに効率的に機能する。そのため、ウイルスに対しても、実環境で同等以上の不活性化効果を発現することが期待される。

#### (iv) 用途展開先の選定

インフルエンザに代表される一般的な感染症には、以下の3種類の感染経路があるとされている。

- 飛沫感染：感染者のくしゃみや咳等から飛散した感染源を含む飛沫を吸引することで感染
- 空気感染（飛沫核感染）：空気中を漂う極めて小さい飛沫を吸引することで感染
- 接触感染：感染源で汚染された表面に触れて手に感染源が付着し、その手で眼・鼻・口元等に触れることで感染

a)の飛沫感染は、感染者のくしゃみや咳等を遮断することが重要であり、マスクやエアカーテン等の対策が有効である。b)の空気感染については、換気や空気清浄機による対策が有効である。当社が開発した可視光型光触媒コーティング材およびフィルム材は、主にc)の接触感染に対してリスク低減が可能であると考えられる。

そのため、用途展開先としては、手の接触が頻繁にある手すり・ドアノブ・カウンター天板・運搬機器のハンドル等が、特にニーズが高いと考えられる。当社では、住宅の内装部材を製造・販売しており、これらの表面、特に手すりやドアノブ等への適用を用途展開先として検討した。しかし、抗菌・抗ウイルス機能は目に見えない機能であるため、一般消費者への訴求が難しい。また、幅広い感染対策という意味では、住宅よりも病院や老健施設等の非住宅に、より強いニーズがあると考えられる。

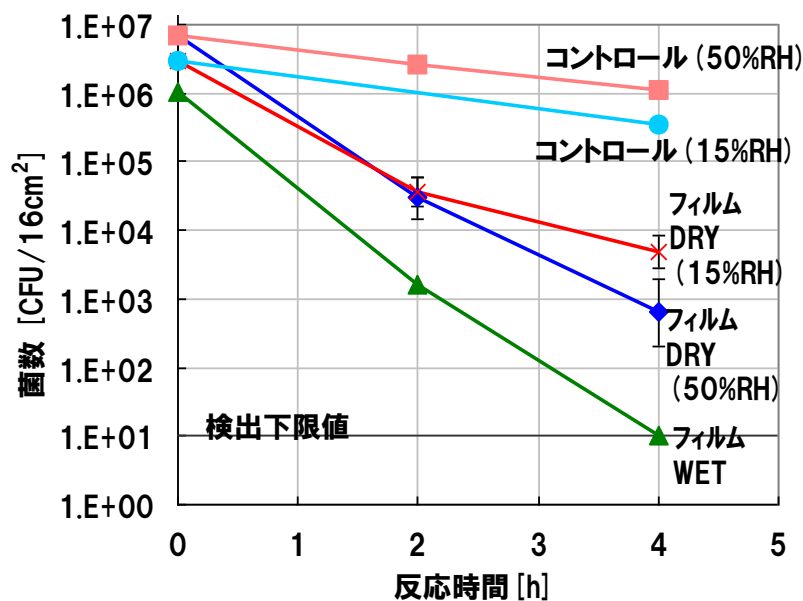
そこで、用途展開の戦略として、ニーズが強く技術的にも関心が高い医療・衛生用途の非住宅建築物の部材（手すり・ドアノブ・カウンター天板・壁パネルなど）にまず展開し、市場の認知度を得るとともに、医療・衛生用途での採用実績から技術への信頼度を獲得する。その後、住宅用途へ本技術をスピノフする形で展開すれば、強い訴求力を持った製品で市場を獲得できるものとする。

#### (v) 製品化のための性能把握・課題抽出

(iii)で示したように、開発した可視光型光触媒フィルム材は、実環境で表面の生菌数を低減させる効果を発現した。しかし、実環境における細菌の低減率は、JIS R 1702 準拠のラボ試験で期待される抗菌効果よりも低いように見受けられる。新千歳空港に施工した可視光型光触媒フィルムは、4時間で3桁以上の抗菌効果、すなわち生菌数を4時間で1/1000以下にする効果をラボ試験では示すのに対し、実環境では半減程度の低減率である。

そのため、ラボ試験の結果と実環境での効果の乖離をもたらす要因を検討した。強い影響を与える因子としては、湿潤・乾燥状態の違いと、皮脂等による光触媒作用の阻害が考えられる。そこで、開発したCu(II)/TiO<sub>2</sub>可視光型光触媒フィルムについて、黄色ブドウ球菌を対象として、JIS R 1702に準拠した試験（ただし光源を白色蛍光灯とし、光触媒表面の照度を1000Lxとした）と、同試験において菌液滴下後に45℃の環境で30分間風乾させてから環境の相対湿度を制御して(50%RHおよび15%RH)

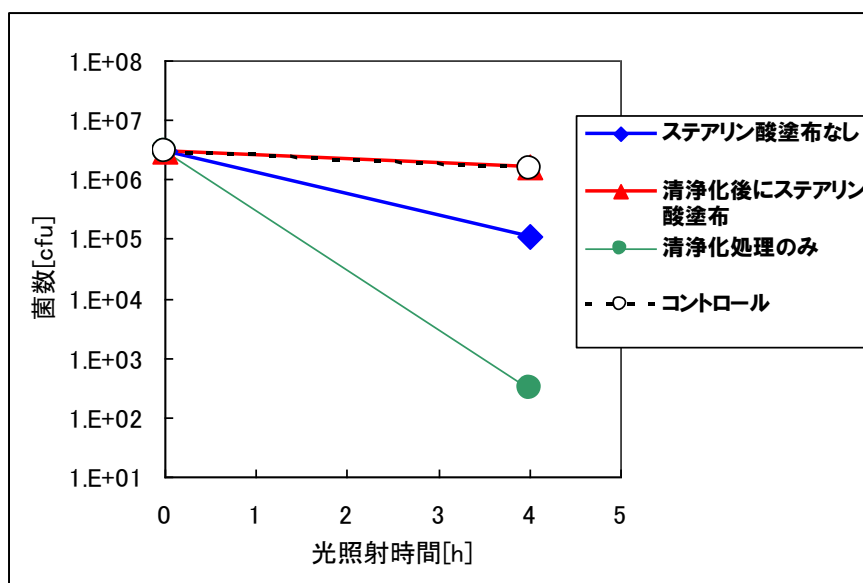
試験を行った。その結果を図Ⅲ-2-③-23 に示す。図中の wet は JIS 準拠で試験を行ったこと、dry は菌液を乾燥させてから試験を行ったことを示す。



図Ⅲ-2-③-23 湿潤・乾燥状態における黄色ブドウ球菌に対する抗菌性能試験結果

図Ⅲ-2-③-23 の結果より、乾燥状態とすることによって光触媒による抗菌効果は低下し、環境の相対湿度についてもより乾燥しているほうが光触媒による抗菌効果は低下することがわかった。しかし、蛍光灯を光源とする可視光照度 1000Lx の条件において、乾燥状態であっても 4 時間で 2~3 桁程度の菌数減少の効果があることもわかった。

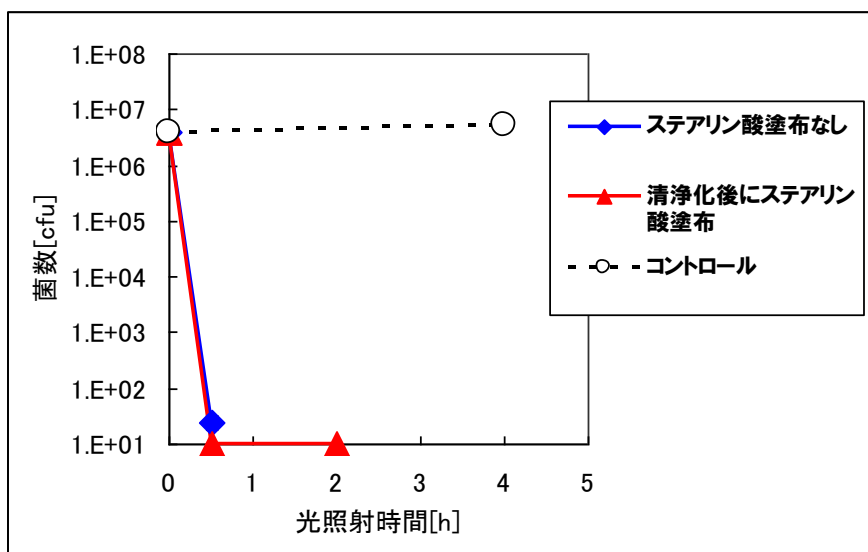
一方、皮脂の影響について模擬的に評価するために、Cu(II)/TiO<sub>2</sub> 可視光型光触媒フィルム表面に油脂 (ステアリン酸) を推定膜厚 20nm となるよう塗布した後に、可視光 1000Lx 照射下での大腸菌に対する抗菌効果を検証した。その結果を図Ⅲ-2-③-24 に示す。



図Ⅲ-2-③-24 油脂による Cu(II)/TiO<sub>2</sub> 可視光型光触媒フィルムの抗菌性能への影響



図Ⅲ-2-③-24 を見ると、ステアリン酸を塗布すると抗菌性能が著しく低下することがわかる。一方、改良を行った可視光型光触媒である銅化合物複合酸化チタンを用いると、ステアリン酸を塗布しても抗菌性能はほとんど低下せず、高い抗菌性を保持している。その結果を図Ⅲ-2-③-25 に示す。



図Ⅲ-2-③-25 油脂による銅化合物複合酸化チタンを用いたフィルムの抗菌性能への影響

以上の結果から、芽胞形成菌以外に光触媒抗菌の JIS 試験法結果と実環境効果の関係に影響を与えるものとして、湿潤・乾燥による状態および環境の相対湿度と、表面の皮脂があることがわかった。可視光型光触媒に高性能の銅化合物複合酸化チタンを用いると、皮脂による影響が小さく、高い抗菌性能を維持することもわかった。

表面の皮脂により機能が低下する場合にはその影響を抑制するには、清掃による清浄化が考えられる。塗膜の特性として清掃を容易にするような低付着性・拭き取り容易性を付与すれば、より効果を望むことができる。その方策としては撥水性の低表面エネルギー樹脂との組み合わせによる光触媒と撥水効果の複合化がある。その詳細については、⑧ (i) 項にて報告する。

その他、医療・衛生用途における本技術の適用と製品化における課題としては、特に銅化合物複合酸化チタンを利用した場合の銅化合物による着色があげられる。これについては、銅化合物の微粒子化と分散安定化を進め、さらに使用量の最適化を検討する必要がある。詳細については、個別に適用する商品のスペックにより目標値や最適解は変化するため、今後の課題である。

## ⑧ 可視光光触媒を用いた環境浄化部材の開発

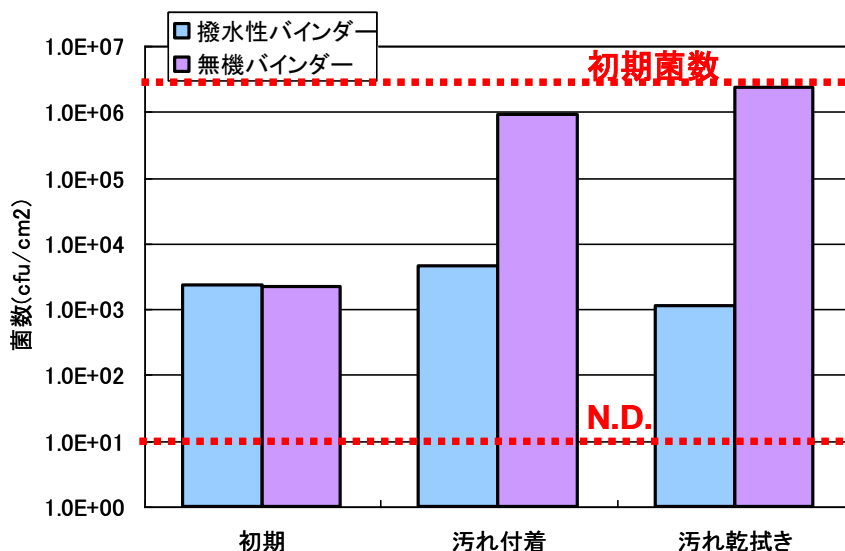
### (i) 可視光型光触媒と撥水の複合化による光触媒コーティング材の開発

当社が可視光型光触媒を用いた環境浄化部材の適用先と想定しているのは、主に建築物内廻りの建材・設備である。そのため、従来の光触媒で機能訴求されてきた超親水性によるセルフクリーニング効果は、水が介在しないため期待できない。それより、撥水性のバインダーと複合して、汚れの付着を抑制するほうが有効であるという考えのもと、開発項目①の成果を利用して可視光型光触媒と撥水性バインダーの複合化を検討した。

その結果、可視光型光触媒として溶剤（アルコールあるいはケトン類）分散体を用い、フッ素骨格とシリコン側鎖を有する特殊なアクリルポリオール樹脂をバインダーの主成分とすることで、可視光型光触媒活性と撥水性が両立するコーティング材の材料設計が可能となった。開発した撥水複合光触媒コーティング材は、可視光あるいは紫外光を照射しても撥水性（水接触角が 90° 以上かつマジッ

クはじき性を発現)を保持しながら、可視光照射下において抗ウイルス性・抗アレルギー性を発現することができる。

図Ⅲ-2-③-26に、開発した撥水複合光触媒コーティング材と、一般的な無機バインダーと可視光型光触媒を複合したコーティング材に対して、初期・黒マジックによる汚染後・黒マジックによる汚染+乾いた布による拭き取り後について、抗菌性能を評価したものである。一般の無機バインダーと複合した場合には黒マジックによる汚染で抗菌性能が失われ、乾拭きによる清掃でも性能は回復しないが、開発した撥水性バインダーとの複合品では、汚染後の性能低下はわずかで、乾拭きによる清掃で初期性能を回復することがわかる。



図Ⅲ-2-③-26 撥水複合光触媒コーティング材と比較対象における汚れ付着の抗菌性能への影響

(ii) 内装部材への適用による性能把握・課題抽出

特に住宅用内装部材への適用を考えた場合、抗菌・抗ウイルス機能だけでなく、空気浄化性能を兼ね備えていることが望ましい。そこで、浄化対象としてシックハウス症候群の主な原因と見なされており建築基準法で規制の対象となっているホルムアルデヒドを選定し、本プロジェクトにおける可視光型光触媒の空気浄化性能の把握と、実用化にあたっての課題を抽出した。可視光型光触媒部材の空気浄化性能の目標値は、換気量換算値で0.4m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h以上に設定することとした。

すでに、市販品の可視光型光触媒である貴金属錯体担持型酸化チタンを用いれば、実用的な光条件(照度200Lx・紫外線強度1μW/cm<sup>2</sup>)において換気量換算値0.5m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>hを達成するコーティング材を、当社は保有している。ただし、極めて多孔質の塗膜であり塗膜物性が劣悪であるため、高度な塗膜物性を要求されない天井材等にはしか適用できないという問題点があった。

そこで、本プロジェクトにおいて開発された新規な可視光型光触媒である銅イオン担持酸化タンゲステン(Cu(II)/WO<sub>3</sub>)を用いれば、空気浄化性能と塗膜物性を両立できるのではないかと考え、検討した。表Ⅲ-2-③-6に、小型チャンバーを用いて行ったホルムアルデヒド低減性能試験の結果を示す。

表Ⅲ-2-③-6 Cu(Ⅱ)/WO<sub>3</sub>コーティング材のホルムアルデヒド低減性能（小型チャンバー法）

| サンプル                             | 照度 (lx) | UVカット<br>フィルター | 換気回数<br>(回/h) | 試料負荷率<br>(m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ) | 給気濃度C <sub>in</sub><br>(μg/m <sup>3</sup> ) | 排気濃度C <sub>out</sub><br>(μg/m <sup>3</sup> ) | 換算換気量<br>(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h) |
|----------------------------------|---------|----------------|---------------|--|---|--|---|
| Cu(Ⅱ)/WO <sub>3</sub><br>コーティング材 | 暗所      | —              | 0.5           | 1.1  | 146.0                                       | 138.4  | 0.02  |
|                                  | 1000lx  | 400nm<br>以下カット |               |  | 147.8                                       | 125.2  | 0.08  |
|                                  | 500lx   |                |               |  | 137.1                                       | 152.9  | -0.05                                       |

表Ⅲ-2-③-6の結果から、塗膜物性を確保できる設計によるCu(Ⅱ)/WO<sub>3</sub>コーティング材は、実用的な条件ではほとんどホルムアルデヒド低減効果を発現しないことがわかった。本プロジェクトにより可視光型光触媒材料の性能は大きく向上したが、塗膜物性を確保できるレベルのコーティング材では、実用上の目標値を達成する空気浄化性能を発現することは困難であると判断した。

ホルムアルデヒドについては、基材となる部材にホルムアルデヒドキャッチャー剤を適切な量添加することで、換気量換算値 1.0m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h 以上の低減効果を示す知見を、当社は既に得ている。さらに、同基材に可視光型光触媒コーティングを施しても、基材のホルムアルデヒド低減効果は十分確保できることも確認できている。そのため、実用製品の設計としては、可視光型光触媒の機能は抗菌・抗ウイルス性に特化し、ホルムアルデヒド低減はキャッチャー剤を添加した基材によるものが現実的であると考えられる。

### ⑨ 可視光型光触媒による空間浄化効果の実証

#### (i) 実証住宅等による実証実験

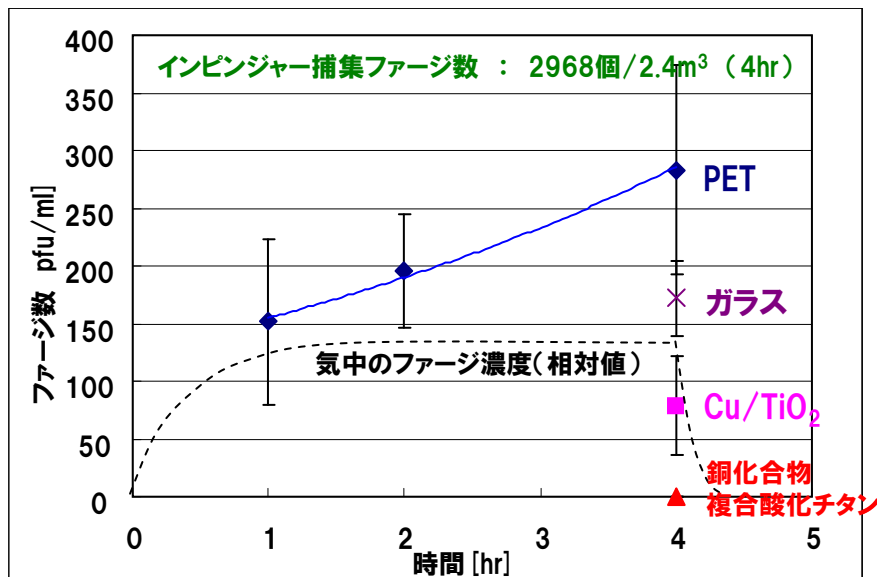
抗菌・抗ウイルス効果の実証実験あるいは模擬実験を行うため、実証住宅を提供した。具体的には、東京大学及び神奈川科学技術アカデミーが実施したくしゃみの飛沫量・飛沫径分布のデータを取得するための実験を、実証住宅にて実施した。

また、空間内にウイルス（人体に無害な Qβ バクテリオファージ）を飛沫核の状態に散布し、表面に付着した飛沫核に含まれるファージの不活性化効果の検証を行った。換気状態や気流を精密に制御する必要があったため、神奈川科学技術アカデミー内に設置された小空間を使用した。その様子を図Ⅲ-2-③-27に示す。小空間のサイズは、床面積 12m<sup>2</sup> (4m×3m)、天井高さ 2m、気積 24m<sup>3</sup>、換気回数は可変であるが、2回/hrを基本としている。



図Ⅲ-2-③-27 小空間における飛沫核散布実験

図Ⅲ-2-③-27 の小空間において、Q $\beta$  バクテリオファージを含む培養液をアトマイザにて霧化し、シリカゲルを通して乾燥させることで、Q $\beta$  バクテリオファージを含む飛沫核を一定条件で発生させた。その際、小空間中に可視光型光触媒フィルムおよび比較対照として未加工のプラスチックフィルムを設置し、表面に付着する飛沫核由来の活性な Q $\beta$  バクテリオファージ数を定量した。図Ⅲ-2-③-28 に、4 時間連続して飛沫核を散布し、その直後にフィルムに付着したファージを含む飛沫核をサンプリングし、活性なファージ数を計測した結果を示す。なお、サンプル表面の照度は 1300Lx であった。



図Ⅲ-2-③-28 フィルム表面の活性な Q $\beta$  ファージ数

図Ⅲ-2-③-28 の PET と示した未加工のプラスチックフィルムの結果から、飛沫核は散布初期にまず多く付着することが示唆された。表面の静電気の状態が影響しているのではないかと推察された。換気回数が 2 回/hr であることから、気中の飛沫核濃度は 2 時間程度でほぼ定常に達する。しかし 2 時間以降も表面の飛沫核数は増加することから、気中の飛沫核濃度に比例して、飛沫核は表面に沈着していくことが示唆された。さらに、可視光型光触媒 (Cu (II)/TiO<sub>2</sub> および銅化合物複合酸化チタン) フィルム上の活性な Q $\beta$  バクテリオファージ数の結果から、可視光型光触媒フィルムは、非常に効果的

に付着した飛沫核に含まれる Q $\beta$  バクテリオファージを不活性化していることが確認された。特に銅化合物複合酸化チタンフィルムの不活性化作用は非常に強いことがわかった。実環境に近い条件で表面に付着したウイルスの不活性化を定量的に確認したのは、極めて先駆的な成果であると考えられる。

(ii) 光触媒効果予測シミュレーションによる実効向上のための指針明確化

③ (ii) に示したように、光触媒の空気浄化性能については、効果予測シミュレーションを構築し、実効を向上させるための指針を得ることができた。シミュレーションシステムに種々の条件（光触媒部材の性能・施工面積・施工位置、光源の強度・設置位置、汚染源の位置、換気・気流の設計、熱・温度条件）を入力することにより、空気浄化効果の予測が可能であり、その結果から効率的な光触媒部材と光源の組み合わせを見出すことができる。

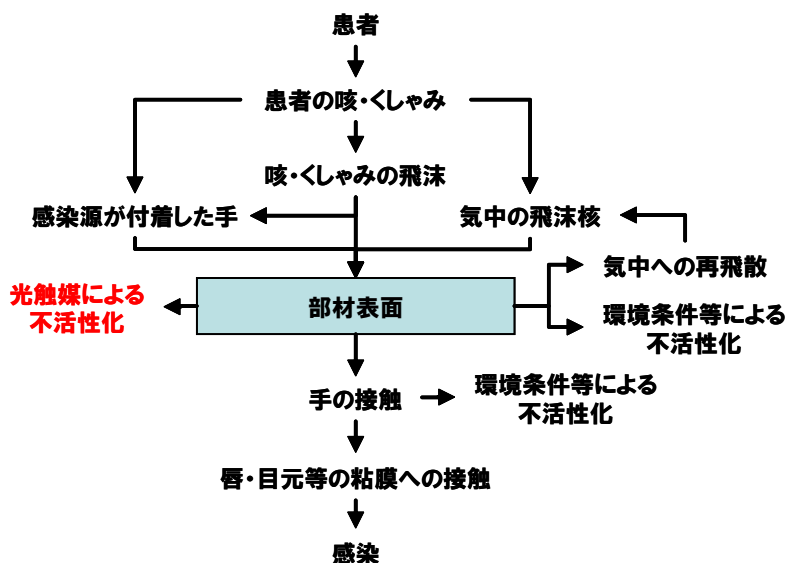
効率的に室内の空気を浄化するには、以下のような指針があげられる。ただし、以下の指針は一般的なものであり、実際の効果を定量的に評価するには、光触媒効果予測シミュレーションによる計算を実施することが望ましい。

- ・光触媒の設置位置は、汚染源からの空気齢が小さい、すなわち汚染された空気が速やかに流れるような位置に設置することが望ましい。
- ・光触媒部材は、無計画に大面積に設置するよりも、汚染物質が高濃度になると予測される周辺に集中的に設置することが、効率面では望ましい。
- ・換気・気流の設計として、淀みを作らないこと、特に汚染源で汚染された空気が光触媒部材まで流れずに滞留するような状況を作らないことが重要である。

(iii) ユーザー説明可能な空間浄化メカニズム明確化

可視光型光触媒による空間浄化効果において、空気浄化効果については、光触媒による効果を換算換気量で表すことで、実環境での汚染物質の濃度低減効果を推定することができる。それにより、たとえば換気量を低減できる等のベネフィットを定量化することも可能である。さらには、③ (ii) で示したような気流解析による詳細な解析も可能である。

しかし、抗菌・抗ウイルス効果については、ラボ試験あるいは実証実験において感染症の原因となる細菌やウイルスを減らしたからといって、それが実際の感染リスクをどの程度低減できるかについては、ほとんどわかっていない。光触媒による抗菌・抗ウイルス効果を訴求するためには、学術的に根拠のある形で、感染リスク低減レベルの定量まで踏み込んだ分析が必要であると考えられる。そこで、既往の文献（たとえば、Mark Nicas and Gang Sun, An Integrated Model of Infection Risk in a Health-Care Environment, Risk Analysis (2006) Vol. 26, No. 4:1085-1096 など）を参考に、接触感染に関する感染経路モデルを構築した。そのモデルを図Ⅲ-2-③-29 に示す。



図Ⅲ-2-③-29 接触感染の感染経路モデル

同モデルにおいて、以下の数値を明確にすれば、発生した感染源が対象となる部材表面を經由して感染につながる暴露を引き起こす確率を定量的に予測することができる。

- ・患者からの感染源の発生数
  - 文献値および本プロジェクト内の別 Gr 検討結果を利用
- ・各経路の移動パラメータ（たとえば部材表面から手の接触への経路の移動パラメータとしては、手の接触頻度・面積あたりの感染源移行率など）
  - 模擬実験や文献等から設定
- ・光触媒や環境条件による表面での不活性化
  - 乾燥条件での JIS 準拠の抗菌・抗ウイルス試験あるいは実証実験のデータを利用
- ・感染発生率
  - 文献値を利用

感染発生率については、閾値のない容量-反応関係モデルで推測が可能である。これは、1 個の感染源暴露は確率  $\alpha$  で感染を引き起こし、複数の感染源は互いに独立に感染確率を有するモデルである。この場合、図 III-2-③-30 に示すように、感染リスクは暴露した感染源の個数に近似的に比例する。

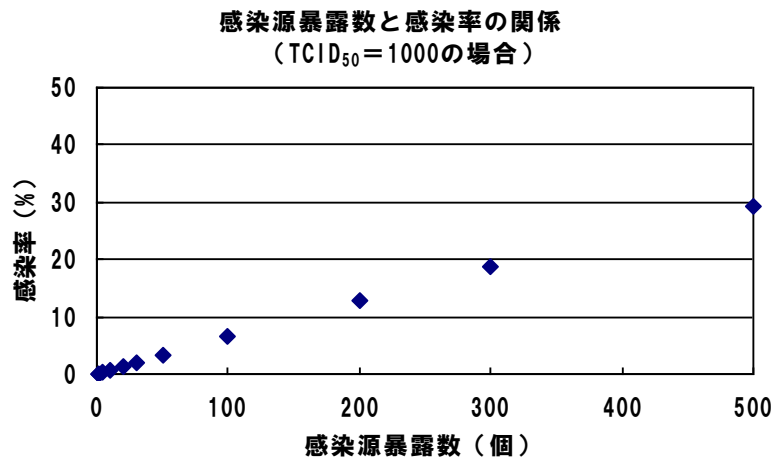
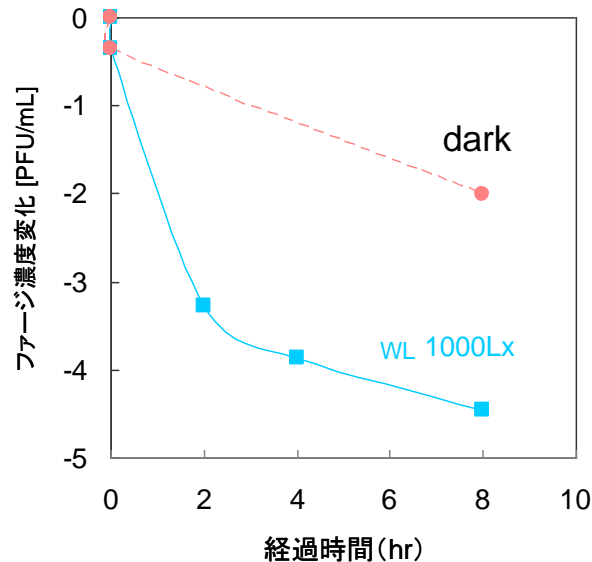


図 III-2-③-30 感染源暴露数と感染率の関係

すなわち、ある感染経路の接触感染を考えた場合、粘膜に暴露される感染源の個数に感染率、すなわち感染リスクは比例する。そして、粘膜に暴露される感染源の個数は、接触に関する行動様式や頻度等が変わらないかぎり、接触した表面に存在する単位面積当たりの感染源の個数に比例する。総合すると、接触感染における感染リスクは、表面の感染源数に比例すると近似可能である。

以上から、最も単純な感染リスク低減の予測としては、実環境のある表面で感染源の個数が半減していれば、その表面に接触することによる感染リスクは半減するということになる。⑦ (iii) で示したように、新千歳空港のカートハンドル表面では、可視光型光触媒フィルムの施工により、ブドウ球菌類が 50%程度低減した。すなわち、可視光型光触媒の効果がブドウ球菌と同等程度である感染源については、カートハンドルに接触することによる感染リスクを半減できるものと考えられる。

また、実証実験のデータではなく、ラボの乾燥条件での試験データを用いて、図 III-2-③-29 に示すモデルで感染率を推定することができる。図 III-2-③-31 に、乾燥条件で実施した Cu(II)/TiO<sub>2</sub> 可視光型光触媒フィルムの抗ファージ試験結果を示す。



図Ⅲ-2-③-31 乾燥条件で実施したCu(Ⅱ)/TiO<sub>2</sub>可視光型光触媒フィルムの抗ファージ試験結果

この結果から得られた可視光型光触媒フィルム施工時のファージ不活性化速度を図Ⅲ-2-③-29の感染経路モデルに導入し、さらに下記のケースを想定して、可視光型光触媒フィルムの施工あり／なしにより、カート使用時の感染リスクがどのように変化するのか試算した。

- 1：カートを使用している人がくしゃみをする事で、カートハンドルに感染源が付着する。
- 2：次の人が4時間後に該当のカートを使用する。(4時間は空港における使用状況より)
- 3：カートを使用した手を洗う前に粘膜等へ触れる
- 4：1個の感染源による感染確率は6.9%とする。(10個の感染源暴露で感染率が50%となる値)

その結果、可視光型光触媒フィルムなしでは感染率は0.35%、可視光型光触媒フィルムありでは感染率は0.002%と試算され、可視光型光触媒フィルムの施工により、カート使用による接触感染のリスクを1/150程度まで低減することを期待できることがわかった。

以上により、可視光型光触媒の利用により感染リスク低減を定量化して予測することが可能になった。開発したCu(Ⅱ)/TiO<sub>2</sub>可視光型光触媒フィルムは、実証実験における細菌の値を用いれば50%程度に、ラボ実験におけるファージ不活性化速度の値を用いれば約1/150に感染リスクを低減できると予測された。

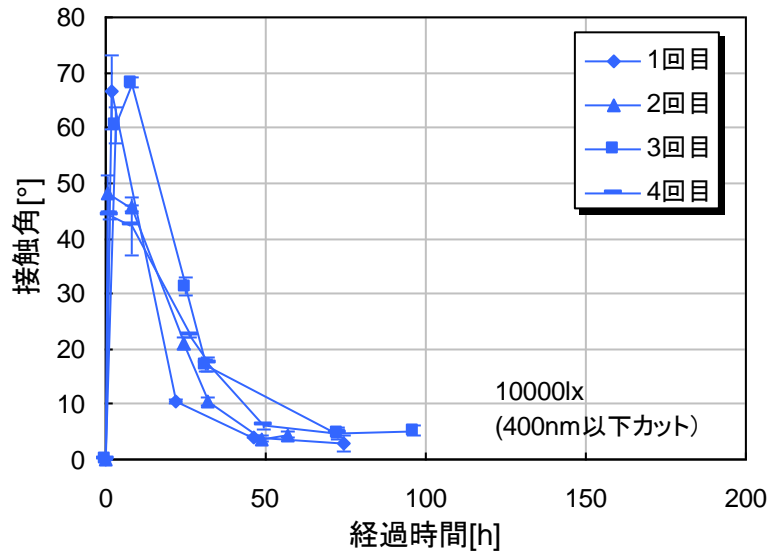
## ⑩ 光触媒工業会と連携した製品規格の策定

### (i) JISに基づいた評価方法の検討

可視光型光触媒の評価方法の標準化を推進するため、セルフクリーニング性能と完全分解性能の試験法をJIS・ISO化する活動に協力した。

セルフクリーニング性能試験法については、標準サンプルの作成・提供と、評価試験の実施を行った。標準サンプルについては、本プロジェクトに参画している株式会社積水樹脂技術研究所が開発した可視光型光触媒コーティング材を用いて当社で塗装条件の検討を実施した。その結果、試験に好適なサンプルを安定して作成する条件を見出し、ラウンドロビン試験は当社提出のサンプルを用いて実施した。

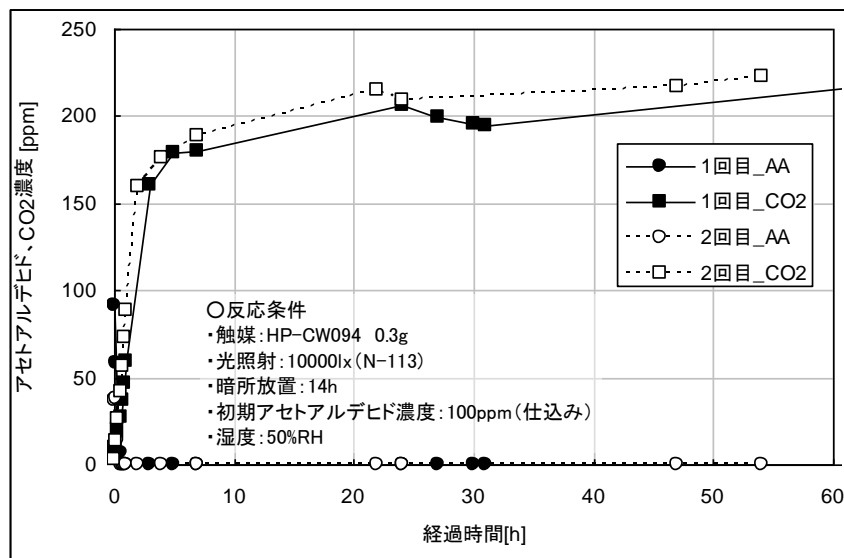
策定されたJIS案に準拠したラウンドロビン試験には当社も参加し、試験を実施した。図Ⅲ-2-③-32に、当社がラウンドロビン試験で実施した試験の結果を示す。



図Ⅲ-2-③-32 セルフクリーニング性能ラウンドロビン試験の結果（当社データ）

図Ⅲ-2-③-32 でわかるように、策定された JIS 案による試験は再現性が良好であり、可視光型光触媒の親水化挙動を適切に評価できることがわかった。

完全分解性能の試験法については、ラウンドロビン試験に参加した。策定された JIS 案に準拠した試験プロトコルに従い、本プロジェクトの開発品である Cu(Ⅱ)/WO<sub>3</sub>（サンプル番号：HP-CW094）のアセトアルデヒド完全分解試験を行ったところ、図Ⅲ-2-③-33 に示すように再現性よく完全分解に達することを確認し、試験方法の妥当性を検証できた。



図Ⅲ-2-③-33 完全分解性能ラウンドロビン試験結果（当社データ）

(ii) 抗ウイルス性能に対する製品規格・性能判定基準案の検討

すでに紫外光型光触媒製品の抗菌性能における製品規格及び性能判定基準が、光触媒工業会によって策定されている。今後、抗ウイルス性能も訴求していくためには、同様の製品規格及び性能判定基準を定める必要がある。特に、性能判定基準については、実効果を説明できるバックデータをもとに検討する必要がある。

当社は、本プロジェクトにおいて実証実験及び感染リスクシミュレーションを検討してきた。⑨(iii) に示したように、可視光型光触媒によるリスク低減効果を推定できるようになった。その結果として、



開発した Cu(II)/TiO<sub>2</sub> 可視光型光触媒フィルムは、ウイルスにおける接触感染のリスクを、ラボ実験におけるフェージ不活性化速度の値を用いれば約 1/150 に低減できると予測した。ここで用いたラボ実験におけるフェージ不活性化速度は、図Ⅲ-2-③-19 の結果から 4 時間で 4 桁低減の不活性化速度として算出したものである。ここで、不活性化速度が 4 時間で 2 桁低減だった場合、感染リスクは 1/10 以下と予測される。実環境においては、人の手が触れる頻度やウイルスの付着量等が様々であり、すべてのケースに対応した予測は不可能である。しかし、ある程度現実的なモデルケースにおいて接触感染のリスクを 1/10 以下に低減することが期待できるのであれば、抗ウイルス機能を訴求できるレベルであると考えられる。

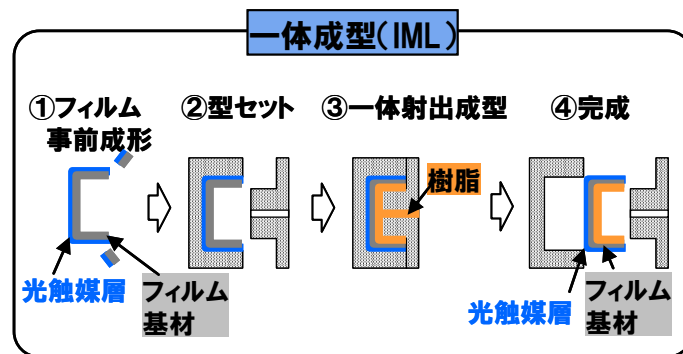
そこで、当社としては可視光型光触媒による抗ウイルス機能製品の製品規格を策定する場合、その性能判定基準としては 4 時間で 2 桁以上の低減効果とすることを提案する。

⑪ 水浄化システムへの光触媒適用可能性の検証 (非公開)

⑫ 可視光型光触媒フィルムの一体成型技術開発

可視光型光触媒を製品に適用するにあたり、基本的にはコーティング材を開発する方策で検討してきた。しかし、複雑な立体形状を有する部材に適用した場合、塗装が困難で可視光型光触媒の性能を十分に担保できない危険性がある。そこで、開発した可視光型光触媒フィルム材を樹脂と一体成型できる技術を開発すれば、フィルム材上には均一な可視光型光触媒塗膜が形成されているため、成型後も表面の機能を十分に発現することができる。

表面に塗膜等を形成済みのフィルムを樹脂と一体成型する方法は、IML(インモールドラミネーション)と呼ばれ、加飾フィルムによる樹脂成形態の製造方法としてよく用いられている。IML 工法の概要を図Ⅲ-2-③-34 に示す。



図Ⅲ-2-③-34 樹脂一体成型工法の概要

可視光型光触媒において本技術を適用する場合、以下の技術的な課題がある。

- a) 一体成型時の延伸（延伸率 150%程度）においても、フィルム上の塗膜が破壊されないこと。なおかつ、型セット時には、すでにタックフリー（指触乾燥）状態であること。
- b) 延伸・加熱・加圧等の負荷がかかる一体成型後も、可視光型光触媒機能を保持していること。

上記の技術課題を克服する方策として、可視光型光触媒には溶剤分散型の銅化合物複合酸化チタンを用い、バインダーとしては加熱により半硬化し、成型後の紫外線照射により完全硬化する紫外線硬化樹脂を選定した。また、延伸に伴う膜厚変化を考慮した塗装条件の検討を行った。

開発した一体成型用可視光型光触媒フィルムの評価結果を表Ⅲ-2-③-7 に示す。

表Ⅲ-2-③-7 一体成型用可視光型光触媒フィルムの評価結果

| 伸び率      | 膜厚   | 外観 | 耐薬品性 | 抗菌試験         |
|----------|------|----|------|--------------|
| 100%(初期) | 7 μm | ○  | ○    | 5桁以上低減/0.5hr |
| 232%     | 4 μm | ○  | ○    | 5桁以上低減/0.5hr |
| 301%     | 3 μm | ○  | ○    | 5桁以上低減/0.5hr |
| 385%     | 2 μm | ○  | ○    | 5桁以上低減/0.5hr |

表Ⅲ-2-③-7の結果から、目標値であった延伸率150%（伸び率では250%）を大幅に上回る延伸を行っても、表面の光触媒機能や塗膜物性を極めて高いレベルで維持していることが確認できた。

## ○TOTO株式会社

### 研究開発内容

(平成19～21年度)

まずは、既存光触媒を利用して、各種光触媒の性能評価方法を設定・立案し、適切な光触媒性能を有する高機能コート材・部材の開発に向けた評価環境を整備する。部材としての性能向上のために、中間目標として塗膜構成成分や構造の検討を進め、塗膜の高活性化を進める。

また、部材への加工について検討を進め、加工方法や個々の部材に適した加工条件・コート材条件を検討する。

部材の開発においては、光触媒、親水・撥水材料を用いてコート材を試作し、機能評価を進める。また、集中研を中心とする本プロジェクト内の企業及び自社にて見出された屋内の光環境で親水化する材料を用いて屋内でのセルフクリーニング性能を発現する部材開発の検討を進める。

以上高活性化に取組み、さらにコート材の効果的な適用先の探索を行い、部材への応用検討を進める。

(平成22～23年度)

VOCは、BtoB商材として光触媒コート材の開発を進める。対象基材ごとに塗料濡れ性や密着性の要求性能が異なるため、基材ごとの当たり前品質の確保に注力する。また、小型チャンバー法を活用し、実環境での効果を推定する。また可視光光触媒の実空間での性能耐久性について検証を進める。

セルフクリーニングは、可視光下での親水部材の開発を進める。可視光下での親水性能を向上させるため、材料選定とともにバインダーとの最適化を図る。また、水回りで特に要求される耐久性として耐アルカリ性はバインダーや膜化工程との最適化により課題解決を目指す。

抗菌・抗ウイルス内装塗料、内装タイルの製品化に特に注力する。抗ウイルスに有効な材料の選定と、塗料・タイルの開発を進める。これら部材の効果について空港等で実証実験を進める。実証実験では、対象空間での菌、ウイルスの浮遊状況実態把握とともに、開発した部材の効果を確認する。

【中間目標（21年度）】

|   | 研究開発の項目               | 目標  |
|---|-----------------------|---|
| ① | 高感度光触媒コート材の開発         | 評価方法の立案：屋内環境での防汚性評価方法の確立<br>ガス分解性能の向上。照度 150Lx で HCHO 分解速度<br>30 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 以上<br>機能性評価の実施 |
| ② | 内装部材の開発及び屋外(微弱光)部材の開発 | 部材に必要な基本性能を確保し、光触媒性能をより発揮できるプロセス・加工方法を確立する。<br>実環境想定の評価系を定め、機能性向上を進める。  |
| ③ | 超撥油、親水・撥水材の応用         | 評価方法の設定・立案する。<br>適用先・基材に応じた必要性能を設定する。<br>コート材化へ向け課題を明確にする。  |
| ④ | 屋内屋外実環境における実証実験       | 評価方法の検討、実環境における効果を確認する。   |
| ⑤ | 光触媒のウイルスへの効果の検証       | 評価方法の検討、光触媒による効果の確認   |

【最終目標（23年度）】

|   | 研究開発の項目            | 目標  |
|---|--------------------|---|
| ① | VOC浄化コート材の開発       | 各種基材ごとのコート材最適化<br>光触媒コート材の実環境での効果試算<br>光触媒コート材の性能耐久性向上  |
| ② | 水回り用セルフクリーニング部材の開発 | 可視光下での親水性能の向上(蛍光灯3000Lx下にて接触角20°以下)<br>耐久性特に耐アルカリ性能の向上(カビキラー浸漬24hr後、塗膜劣化なし)   |
| ③ | 抗菌・抗ウイルス塗料、タイルの開発  | 抗ウイルス光触媒材料を用いた内装塗料開発(暗所4hrで検出限界以下：評価はフェージで代用)<br>抗ウイルス光触媒材料を用いた内装タイル開発(暗所4hrで検出限界以下：評価はフェージで代用)<br>空港等での実証実験<br>抗ウイルス部材の耐久性評価 |

## 研究開発成果

(平成19～21年度)

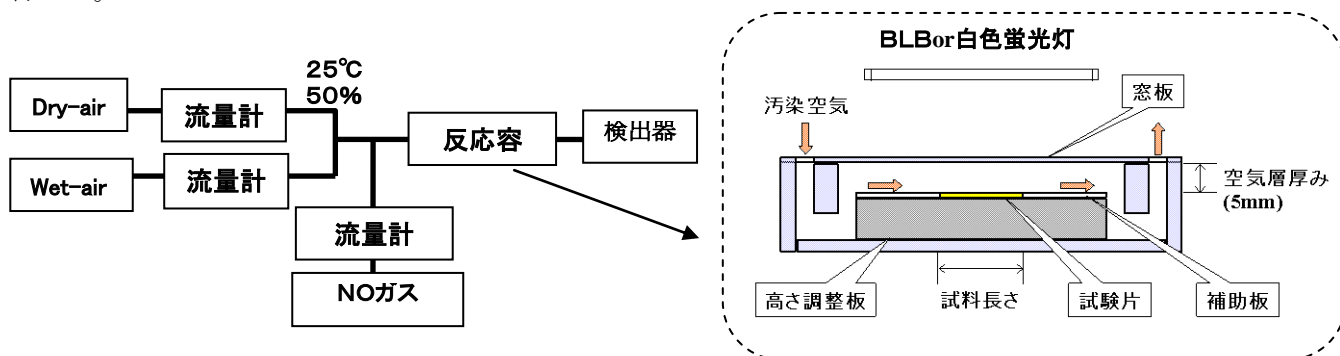
### 1 高感度光触媒コート材の開発

- 「VOC分解塗膜の開発」と位置付けて推進した。

#### 【ガス分解】

VOC除去性の評価は当社の評価実績も考慮し、まずは、既にJIS化済みであるJIS R 1701-1 (NO<sub>x</sub>分解性試験)を採用し、NO<sub>x</sub>ガス除去性による評価系の構築を行った。

図III-2-③-35に用いた測定装置構成を示す。なおVOCガスについてもJIS案を参考に適宜評価を行った。



図III-2-③-35 装置構成 (流通法)

可視光光触媒と新規開発バインダーを用いた塗膜にてHCHO除去性評価を行ったところ、開発塗膜では既存塗膜に対し約1/4の光触媒量で同等の除去率となった。また、膜厚増加に比例して除去率が向上しており、バインダー及び塗膜構造の改良により膜中の光触媒を有効に活用し、従来膜と比較して高い分解活性を得ることができた。

なお、光触媒量を2倍にして膜厚を1/2にした場合は除去率が低下した。これは塗膜の光透過性が低下したことが原因と考えられ、光触媒/バインダー比及び膜厚などの最適化を行い、さらなる活性向上を進めた。

#### 【塗膜の透明性】

開発塗膜と既存塗膜をガラス板に塗布し透明性を比較した(図III-2-③-36)。

開発塗膜は既存塗膜と比較し、透明性を向上させることができた。

#### 【塗膜の密着性】

JIS K5600に従い、碁盤目テープ剥離試験を実施した。剥離試験の前処理として水浸漬及び飽和水酸化カルシウム(アルカリ水溶液)浸漬を行った後、乾燥処理を施した。既存塗膜では水浸漬・乾燥した塗膜で剥離が見られたが、開発塗膜では水浸漬及びアルカリ浸漬処理の何れでも塗膜剥離がなく、密着性良好であった。



図III-2-③-36 透明性評価  
(透明ガラス板に塗布)

### ●小型チャンバー法評価系の構築

部材開発とともに、小型チャンバー法による評価を推進した。VOC浄化部材の実用化においては、当社コート材の実環境での効果を分かりやすくデータで示す必要がある。そこで実環境と風速、換気回数、気積率などを同等とした小形チャンバー法を立上げ、開発品の実力把握に注力した。

## 2 内装及び屋外（微弱光）部材の開発

### ●「部材への塗装加工方法の開発」と位置付けて推進した。

開発塗膜ではバインダーを用いて光触媒を固定化しているが、バインダーは光触媒の有機物分解性で劣化しないように無機物あるいは無機・有機ハイブリッド材料を用いる場合が多い。一方で、製膜する基材は、ガラス、セメント等の無機物だけでなく、既存の塗膜、樹脂板などの有機物も対象である。特に屋内部材の場合は後者が多いため、樹脂基材と無機材料中心のバインダーで密着性の確保が難しいという課題がある。そこで、開発中の塗膜について商品応用の可能性が高い樹脂基材との密着性について検討を行った。新規表面処理方法を用いた評価、及び、比較として既存の表面処理技術（各種プライマー処理・コロナ放電、UV処理等）を合わせて評価した。

### ●密着性評価

JIS K 5600-5-6（塗料 — 一般試験方法—第5部：塗膜の機械的性質—第6節：付着製（クロスカット法））に従い塗膜の密着性を評価した。

PP、ABS その屋内部材を構成する基材に対する一次密着性では、新規表面処理方法もコロナ放電、UV照射と同等もしくは優れた結果となった。コロナ放電は比較的良好であるが、PPやPETへの密着が新規表面処理方法より劣っていた。さらに実環境を想定した二次密着性の評価として、温水浸漬による検討を行った。新規表面処理方法は優れた密着性を示し、更に、酸など薬品浸漬後の密着性も良好であった。

この他、新規表面処理方法はUV照射処理でみられるような樹脂基材の変色も発生することなく、部材応用が広く可能であるプロセス技術であることがわかった。これらの装置、製膜プロセスを用いて部材の試作を進めることが可能となった。

## 3 超撥油、親水・撥水材の応用

### ●「防汚性部材の開発」と位置付けて推進した。

#### ●防汚コート材の開発

光触媒の浴室への適用手法として浴室部材表面にウェットプロセスで塗膜形成する手法を用いた。この場合には光触媒塗膜と基材の密着性確保が必要であり、密着性を評価した。

作製した光触媒コートサンプルについて、疑似汚物による防汚性評価の結果を表Ⅲ-2-③-8に示す。メンテナンスとして入浴後のシャワー洗浄を想定した評価とした。比較として親水樹脂塗膜、撥水樹脂塗膜及びSMCのみの基材を用いた。撥水塗膜やSMCのみの表面では疑似汚物の残留が見られたが、親水樹脂や光触媒塗膜では汚物の残留がなく、清浄な状態を保たれ、塗膜表面が親水の場合には入浴後のシャワー洗浄で汚れの付着を抑制できることが分かった。

表Ⅲ-2-③-8 疑似汚物による防汚性評価結果

|       | SMCのみ | 光触媒  | 撥水塗膜  | 親水樹脂塗膜 |
|-------|-------|------|-------|--------|
| 初期接触角 | 85.0  | 8.7  | 105.2 | 8.0    |
| 目視外観※ | ×汚物付着 | ○清浄  | ×汚物付着 | ○清浄    |
| 接触角※  | —     | 10.0 | —     | 27.4   |
| 総合評価  | ×     | ○    | ×     | △      |

※イオン交換水噴霧の後、24時間紫外線照射後に評価を実施した。

屋外では既にUV型光触媒を用いて有機物分解及び光誘起超親水化作用によるセルフクリーニング・防汚が実現されている。屋内の水周り空間でのセルフクリーニングについても光誘起超親水化作用は有効であると考えられることから、可視光応答型光触媒の光誘起超親水化作用について評価を進めた。サンプル作製のために、可視光応答型光触媒をガラスにスピコートし、可視光下の親水挙動を評価した。触媒表面の浄化のため、各サンプルはBLB 1mW/cm<sup>2</sup>で24時間の事前

照射を行った。蛍光灯（6000Lx）下の接触角推移を評価したところ、可視光応答型光触媒では親水性が維持された。

浴室汚染成分で汚染した後の接触角推移を評価したところ、何れのサンプルも汚染物質付着後は接触角が上昇した。同じ条件で UV 光（BLB 1mW/cm<sup>2</sup>）を照射した場合には全サンプルで接触角が 5° 以下になることから、可視光照射だけでは光触媒表面に付着（吸着）した汚染物質が分解されずに残っているものと考えられる。以上より、親水性維持には付着した汚染物質の分解、もしくは付着力を弱める程度の分解力が必要であると考えられ、さらに光触媒の活性向上が必要であることがわかった

(平成22～23年度)

## 1 VOC 浄化部材の開発

JIS 化においてラウンドロビン試験メンバーが不足していることもあり、当社も JIS 委員会へ参画し、小型チャンバーを利用したホルムアルデヒド除去性能評価のラウンドロビン試験に協力。プロジェクトにて開発された可視光応答型光触媒を用いた評価を実施し、データを提供した。参加した各機関内でのデータばらつきは少ないが、試験機関間のばらつきが大きいという結果になったため、産総研の協力を得て、より精度の高いデータ取得できるよう試験手順、詳細な分析ノウハウを公開した。

また、導入した GL サイエンス社製マイクロ GC(490-GC)を利用し、各サンプルの性能および前処理条件での変動挙動を確認しながらアセトアルデヒドの完全分解を評価可能な測定系を構築した。データ取得の際に課題となった、アセトアルデヒド初期濃度調整方法、前処理方法の妥当性、湿度調整方法、蛍光灯による反応容器温度上昇、CO<sub>2</sub>のリーク許容範囲、完全分解の判定方法などワーキンググループで議論された内容を測定系に取り入れた。

後述の抗ウイルス部材への商品化に注力するため、VOC 浄化については測定系の構築と、提供される可視光光触媒材料の完全分解性能評価に留める方針とした。

## 2 水回り用セルフクリーニング部材の開発

当社の主な事業分野である屋内水周り空間への光触媒応用の研究開発を進めた。

なかでも、浴室用親水部材をターゲットとして開発を進めた。検討の結果、カビキラー浸漬 5h でも劣化しない塗膜が得られたが、可視光照射時の親水性能にばらつきが見られた。そこで、コート液の分散状態を改善するための分散剤の検討を行い、耐アルカリ性に優れた、紫外線をカットした 6000Lx の白色蛍光灯照射でオレイン酸塗布後に 10° 以下まで親水化する膜を得ることができた。

自社開発品と他社品で浴室でのフィールドテストを行ったところ、天井部と壁上部では目に見える汚染は無く、水接触角も 20° 以下であり、浴室の防汚性部材として高い性能を有することを確認できた。

また、各サンプルの浴室部材としての基本性能の評価を行った。浴室用洗剤(アルカリ性、中性)への浸漬試験により、耐薬品性を評価したところ、自社品では膜の溶解や剥離は発生しなかったが、他社開発品(NEDO 成果品)では、アルカリ性洗剤で膜の溶解が発生した。耐摺動性についても、他社開発品(NEDO 成果品)は、基材(PET 樹脂板)からの剥離が起こることを確認した。今後は、高い防汚性を発揮する浴室用親水部材としての商品化に向けては、基本膜特性(耐摺動性、耐アルカリ性)について、検討を継続する。

## 3 抗菌・抗ウイルス塗料・タイルの開発

### ●抗菌・抗ウイルスタイル(セラミック大型パネル)の開発

部材開発としては、本プロジェクトで開発された可視光応答型光触媒の、当社既存製品であるセラミック大型パネルへの適用検討を進めた。

試作したセラミック大型パネルを新千歳空港の男子トイレに施工し、実証実験を行った。実証実験では、表面付着菌数、空中浮遊菌数、アンモニア濃度などを計測した。改修工事に先立ち、改修前の菌数等の測定を行った。

本実証試験では、大型セラミックパネルを基材に用いて、抗微生物活性を示す可視光応答型光触媒加工を行ったものを施工した。基材に大型セラミックパネルを採用することで、施工した空間では、タイル表面の抗微生物機能と目地面積の低減の複合効果による空間全体の衛生性向上を期待した。既設トイレと改修トイレそれぞれにおいて、建材表面、目地部の菌数推移を調査・比較し、タイル表面の菌数比較、目地面積低減の効果検証を行なった。

空中浮遊菌数の推移については、全体の改修工事が完了し、一般利用が開始された 8 月以降の調査で



は、明らかに改修トイレの浮遊菌数は既設トイレと比較して抑制されている。

小便器周辺の汚垂れ石近傍から回収した空気に含まれるアンモニア臭気濃度についても評価した。アンモニアは、飛散した尿が微生物の繁殖で腐敗して発生するため、当該部位はアンモニア臭気の主要な発生源と考えられる。4回の調査を通して、光触媒タイルを施工した改修トイレにおける臭気濃度は、既設トイレよりも小さく、臭気発生を抑制する結果が得られた。改修トイレでは光触媒性表面の抗菌機能が効果的に働き、臭気発生を抑制したものと考えられる。

#### ●抗菌・抗ウイルス塗料の開発

さらに抗菌・抗ウイルス内装塗料の開発も進めた。当社の既存製品をベースとし、本プロジェクトで開発された粉末状の可視光応答型光触媒を用いた。光触媒材料として、粒径の細かいものは透明性が得られるものの活性が低い傾向があるため、有色の塗料に高活性で粒径の大きな材料の適用を検討した。

開発においては、安全性とハンドリングの容易さの点から、インフルエンザウイルスの代替として、Qβファージに対する塗膜表面の感染価抑制効果を評価してきたが、実際に感染性のあるウイルスへの効果確認のために、(財)北里環境科学センターに依頼して抗インフルエンザウイルス性能  $R_{inf}$  の評価を行った。可視光下にて4時間作用させたときの抗インフルエンザ活性  $R_{inf}(L)$  は4.5であり、暗所で作用させた活性値との差  $\Delta R_{inf}$  は1.2を示した。Qβファージ、大腸菌、黄色ブドウ球菌への抗微生物性能と同様に、インフルエンザウイルスに対しても目標水準以上の可視光下活性と可視光応答性を示すことが確認できた。

平成23年度には、開発したセラミック大型パネル、塗料を用いて横浜市立大学付属病院、北里大学にて実証試験も実施した

○日本板硝子株式会社

## 1) 研究開発内容

### 1)-1 現行UV型品の性能評価

可視光光触媒材料を利用し、内装用途としても使用可能な抗菌・VOC分解ガラスの開発を目的としているが、それに先立ち外装セルフクリーニング用途として使用されているUV型光触媒材料について、抗菌・VOC分解性能を評価する。評価方法は、外部研究機関に外注する抗菌試験、社内でのアセトアルデヒドガスなどVOCガスの分解活性測定、東京大学先端科学技術研究センター内に本プロジェクトの一環として建設される実験住宅での測定などによって行う。また、基本的な酸化チタンの活性を向上させるために、UV型光触媒材料の材料構成や製造条件の検討も併せて行う。

これらの結果は、実環境における光強度データとともに、本プロジェクトで開発される可視光光触媒を使用した商品の仕様設計を行う上での基礎データとなる。

### 1)-2 可視光性能の評価

本プロジェクトで開発された可視光応答型光触媒材料を使用した試作品の性能評価を行う。試作は、実験室でゾルゲル製法、またはスパッタ製法を用いて行われる。

ゾルゲル製法では、窓ガラスとして必要な透明性、耐久性を有した成膜が可能となるコート液の最適化を本プロジェクト参画メンバーへの委託により行い、最適化したコート液を用いたゾルゲル方式での成膜技術の確立を行う。

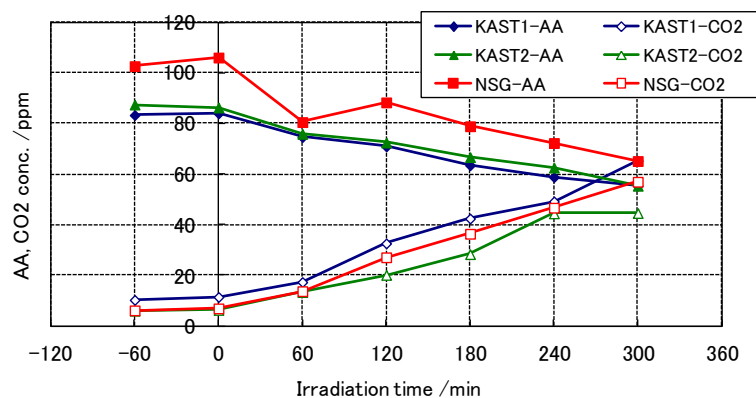
スパッタ製法では、可視光応答性が報告されている酸化タングステン材料や、耐久性等の観点で優れている酸化チタン材料をベースとして、光触媒活性の向上を太陽光を最大限活用した紫外光域及び可視光域で高活性が得られる光触媒材料の創出を行う。尚、建築用窓ガラス用途として、大面積化のための要素技術開発を行い、工程設計を行う。

また、得られた光触媒ガラスでの抗菌・抗ウイルス性、VOC分解性、セルフクリーニング性などの評価は適時実施すると共に実証住宅などを活用した実環境での評価も並行して実施する。

## 2) 研究開発成果

### 2)-1 現行UV型品の性能評価－VOC分解評価方法の標準化

プロジェクト研究討論会で標準試験法として定めたVOC分解評価装置として、設置整備を行ったガスクロマトグラフィーを用いて、VOC(アセトアルデヒド:以下、AA)分解活性の評価方法の標準化を行った。結果として、課題となっていた測定バラツキを改善するために、①サンプルガスの導入方法の変更、②採取サンプルガス容積の変更、③評価用サンプル容器の改良などを行い、再現性の良い定量的な測定(ガス検出)が精度良く行なえるようになった。また、他機関((財)神奈川科学技術アカデミー:KAST)において、AA分解活性評価のラウンドロビン試験を行い、図Ⅲ-2-③-37に示すように本装置での測定とほぼ同一の結果が得られ、標準化した測定評価方法の測定信頼性が高いことが確認された。



図Ⅲ-2-③-37 アセトアルデヒド分解活性のラウンドロビン試験結果

## 2)-2 現行 UV 型品の性能評価

### 2)-2-① VOC 分解性能の把握

高活性スパッタ膜材料の開発として、まずは紫外光域での活性向上を目指し、TiO<sub>2</sub>膜の結晶性向上効果が確認されている ZrO<sub>2</sub>シード層効果の検討を行った。尚、評価サンプルは、スパッタ法により室温にて成膜した TiO<sub>2</sub>膜とし、前項で確立した AA 分解活性評方法を用いて光触媒活性の評価を行った。

TiO<sub>2</sub>の結晶性に対して、ZrO<sub>2</sub>シード層の膜厚を厚くすることで TiO<sub>2</sub>の結晶性向上が確認され、併せて人工太陽光照射 (UV 強度 : 1.0mW/cm<sup>2</sup>) での AA 分解活性 (CO<sub>2</sub>の生成量) の向上が確認された。尚、ZrO<sub>2</sub>シード層の厚みにより AA 分解活性は制御可能と考えられ、現行製品に比べ 10 倍以上の光触媒活性を得ることができると判断された。しかしながら、ZrO<sub>2</sub>膜で高活性を得るためには厚膜化が必要となり、その生産性が懸念されるので、必要となる活性に応じたシード層材料及び膜厚の選定が必要と考えられる。

### 2)-2-② セルフクリーニング性能の把握

前項で報告したシード層を用いた TiO<sub>2</sub>膜について、紫外線照射下でのセルフクリーニング特性の把握を行った。AA 分解活性に対して顕著な効果を示した ZrO<sub>2</sub>シード層を用いた TiO<sub>2</sub>膜では、ZrO<sub>2</sub>シード層厚みにより親水化速度が速くなることが確認された。

以上の結果より、AA 分解活性評価で高い活性を示した ZrO<sub>2</sub>シード層は紫外線照射下での TiO<sub>2</sub>膜の親水化に対しても高い効果が得られるとことが確認できた。尚、これらの結果を元に大面積成膜技術として生産性向上を検討中である。

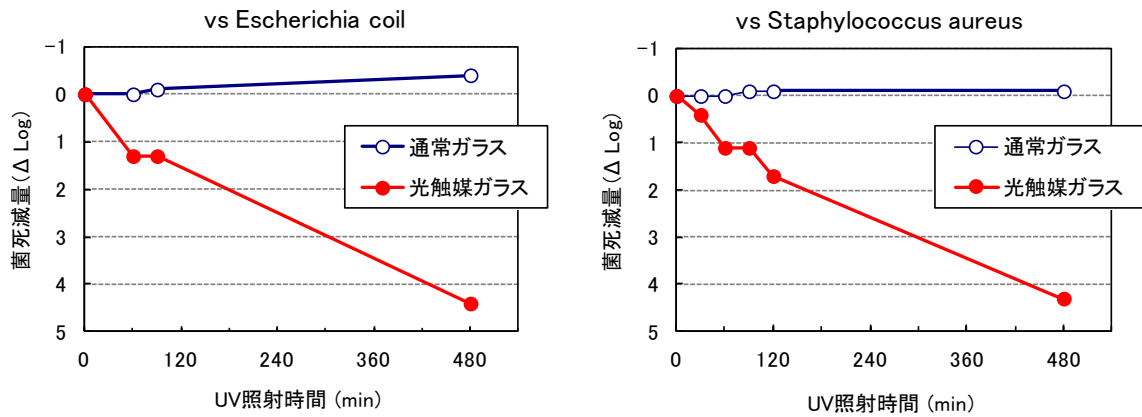
### 2)-2-③ 抗菌性能の把握

UV 型光触媒ガラスでの抗菌性能について、(財)北里環境科学センターで、JIS R1702 のフィルム密着法によって UV 照射時間を変えて評価した。

結果を表Ⅲ-2-③-9 と図Ⅲ-2-③-38 に示す。結果は予め 10<sup>5</sup>個程度に培養した菌コロニー数の減少量の対数を取ったもので、この数値が 2 以上の時に抗菌性能ありと判断される。JIS R1702 で定められた 8 時間の実験では、UV 強度が 0.01mW/cm<sup>2</sup> 以上の場合 (日中の窓から 3m 程度離れた室内環境に相当) に抗菌性能があった (表Ⅲ-2-③-9)。コロニー数の時間変化を測定した結果、コロニー数は UV 照射開始直後から徐々に減少することが確認できた (図Ⅲ-2-③-38)。

表Ⅲ-2-③-9 UV 型光触媒ガラス (試作品) の菌死減量 (ΔLog)  
(JIS R1702 フィルム密着法、UV 照射 8 時間)

|         | UV 強度 (mW/cm <sup>2</sup> ) |       |      |      |
|---------|-----------------------------|-------|------|------|
|         | Dark                        | 0.001 | 0.01 | 0.1  |
| 大腸菌     | -0.7                        | -0.6  | 2.2  | >4.0 |
| 黄色ブドウ球菌 | -0.1                        | 0.1   | >4.0 | >4.0 |



図III-2-③-38 UV照射時間と菌死減量の関係。左：大腸菌、右：黄色ブドウ球菌

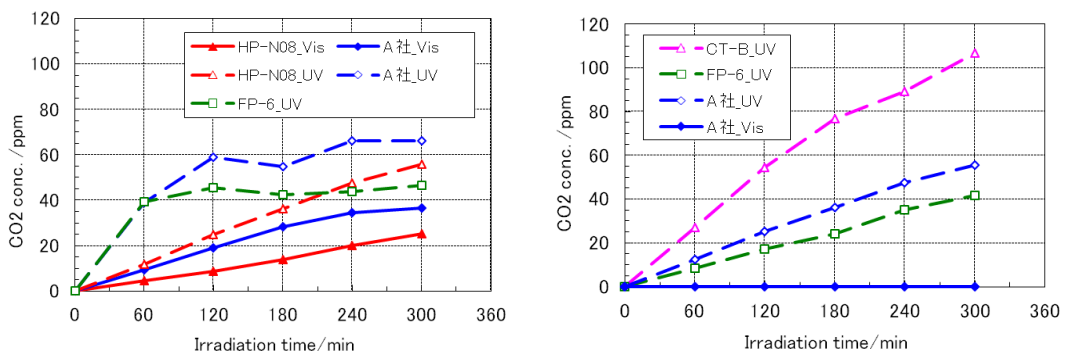
以上により、従来の UV 光型光触媒材料においても、その膜構成や成膜条件を改良することにより活性向上が見込める結果が得られたので、これらの成果は現有製品の改良として大いに有効であると判断される。

### 2)-3 可視光型品の性能評価—ゾルゲル法

本プロジェクトにおける成果として、可視光応答型光触媒材料の特性評価について、以下報告するが、本項では粉末及びゾルゲル膜としての結果について報告する。

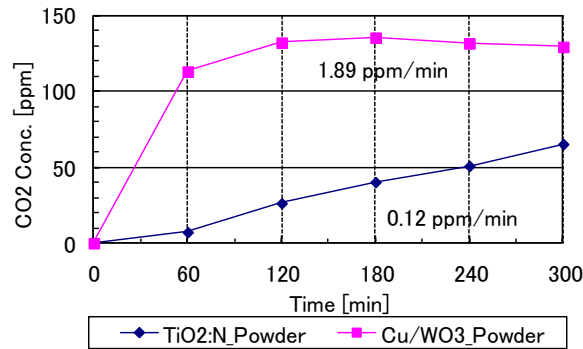
本プロジェクトでの可視光応答型光触媒の標準品 (HP-N08 : N ドープ TiO<sub>2</sub>) の粉末での AA 分解活性評価を行い、AA 分解により生成する CO<sub>2</sub> の発生状況を図III-2-③-39 に示した。その結果、市販されている A 社製同種品に比べ 2 割ほど活性は低いが、可視光(420nm 以下カット)での AA 分解及び CO<sub>2</sub> 生成が確認された。また、紫外光を含めた評価では、本プロジェクトにて標準サンプルとして設定した紫外光型光触媒 (FP-6) 以上の高い分解活性 (CO<sub>2</sub> 発生量) が確認され、紫外光の取り込みにより活性が向上することが確認できた。

しかしながら、これら粉末を元にしたゾル成膜品での AA 分解活性評価は、紫外光下でのみ CO<sub>2</sub> 生成は確認されたが、可視光下では CO<sub>2</sub> 生成は確認できなかった。この原因として、バインダーによる可視光吸収や、粉末の機械的分散による活性低下が推測され、今後の検討課題として認識された。



図III-2-③-39 可視光応答型光触媒の AA 分解活性評価結果 (左：粉末品、右：ゾル成膜品)

また、新規開発された可視光応答型光触媒材料として本プロジェクトより提供された Cu(II)/WO<sub>3</sub> について、同様に粉末による AA 分解評価を行った結果を図III-2-③-40 に示した。その結果、可視光下での分解活性を確認することができ、標準サンプルとした N ドープ TiO<sub>2</sub> の 10 倍以上の CO<sub>2</sub> 生成速度 (活性) が得られ、当初目標を達成できる材料であることが確認された。

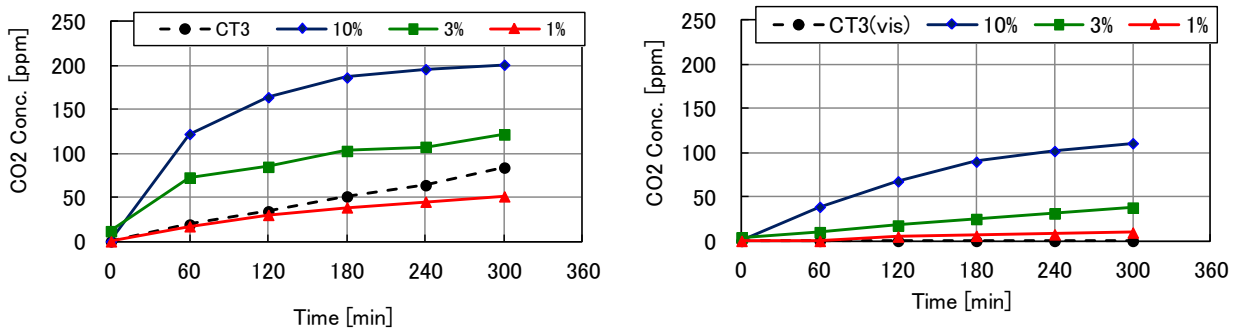


図Ⅲ-2-③-40 可視光応答型光触媒のAA分解活性評価結果

さらに、プロジェクトにおいて、可視光応答型光触媒 Cu(Ⅱ)/WO<sub>3</sub> (HP-CW091) と TiO<sub>2</sub> との混合粉末材料において高活性可視光応答性が確認されたため、それらの粉末材料を出発原料としたコート液の調合を参画メンバーである(株)積水樹脂技術研究所に依頼し、当社にて成膜品による光触媒活性などの評価を行った。

TiO<sub>2</sub> を Cu(Ⅱ)/WO<sub>3</sub> (HP-CW091) と混合した粉体を元材料としたコート液を調製した。評価用サンプルは、ソーダライムガラス基板上にフローコート法により成膜、乾燥固定化をすることにより得た。ゾルゲルコート液による成膜サンプルは、固形分比率を小さくすることで、目標値としているヘイズ1%以下に近い、高い透明性のゾルゲル膜が得られることが確認された。また、固形分比率が1%であれば、外観特性であるヘイズ、可視光透過率とも現行の紫外線型光触媒製品とほぼ同じ状態であることが確認された。

次に、得られたゾルゲル膜の100ppm濃度アセトアルデヒド(以下、AA)分解活性評価を行い、AA分解により生成するCO<sub>2</sub>の発生状況について、人工太陽光(紫外光+可視光(紫外線強度:1.0mW/cm<sup>2</sup>))及び可視光(人工太陽光+42Lカットフィルター:420nm以下カット)による挙動を図Ⅲ-2-③-41に示した。また、各成膜品のCO<sub>2</sub>生成速度の比較結果を表Ⅲ-2-③-10に示す。



図Ⅲ-2-③-41 可視光応答型光触媒のAA分解活性評価結果(左:人工太陽光、右:可視光)

表Ⅲ-2-③-10 各種光触媒成膜品のAA分解活性(CO<sub>2</sub>生成速度)の比較 [単位:ppm/min]

| 光源            | NSG製品<br>(UV型) | (株)積水樹脂技術研究所製サンプル(Cu(Ⅱ)/WO <sub>3</sub> -TiO <sub>2</sub> ) |        |        |
|---------------|----------------|---|--------|--------|
|               |                | 固形成分10%   | 固形成分3% | 固形成分1% |
| 人工太陽光(UV+vis) | 0.32           | 2.04  | 1.02   | 0.25   |
| 可視光           | 0.00           | 0.56  | 0.12   | 0.04   |

人工太陽光照射下での評価結果より、光触媒の固形分比率が高くなるにつれて、AA分解活性(分解速度)が高くなることが確認された。また、固形分比率=10%では6時間後にはAAは完全分解することが確認でき、固形分比率=1%は現行製品(紫外光応答型:CT3)とほぼ同等の分解活性を有することが確認できた。

また、可視光照射下でも固形分比率によらず可視光応答性(CO<sub>2</sub>生成)が確認され、AA分解活性は太

陽光照射下での特性と同様の傾向が確認できた。

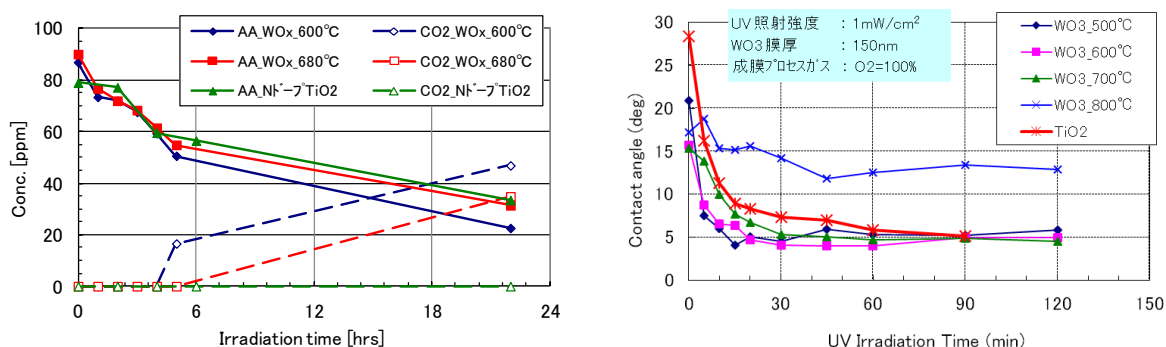
以上の結果により、固形分比率が1%であれば、現行の紫外光応答型製品と遜色の無い外観特性及び紫外光によるAA分解活性を有すると共に、付加機能として可視光によるAA分解活性を有することが確認できた。但し、現行製品に比べ紫外光特性が若干悪いことや可視光応答性が不十分であること、また耐磨耗試験での膜剥離が観察されたことから、厚膜化などによる活性向上の検討を耐久性を確認しながら検討する必要があると考えられる。

以上により、本プロジェクトで見出された可視光応答型光触媒材料での高いVOC分解活性、及び親水性は、これまで不可能とされていた室内用途としての適用を可能にする大きな成果であると判断される。今後は、ガラスとしての外観、及び耐久性を確保した状態で高い活性を示すコート液材料の最適化が課題として考えられる。

## 2)-4 可視光型品の性能評価—スパッタ法

### 2)-4-① WO<sub>3</sub>膜の検討

当社固有の技術（製法）として、スパッタ製法による検討を行ったので、以下に報告する。本プロジェクトにおいて提案された可視光応答型光触媒材料（組成）について、弊社保有のスパッタ技術による成膜を検討した。その結果を図III-2-③-42に示す。可視光応答型標準材料とされているNドープTiO<sub>2</sub>に関しては、膜中のNドープは光学的に確認されたもののAA分解速度が遅く（活性が悪く）、AAの完全分解により生成されるCO<sub>2</sub>は微量しか観測されなかった。



図III-2-③-42 可視光応答型光触媒の活性評価結果（左：AA分解活性評価、右：親水化評価）

一方、可視光応答性を示すWO<sub>3</sub>膜については、成膜後の加熱処理を行うことにより、可視光下におけるAA分解活性及び完全分解により生成するCO<sub>2</sub>の発生を確認することができ、AA分解速度は標準品のNドープTiO<sub>2</sub>に比べて約1.5倍、CO<sub>2</sub>生成速度は標準品のNドープTiO<sub>2</sub>に比べて約10倍であることが確認され、完全分解への反応が迅速に行われていることが確認された。更に、紫外光下での光親水化評価においては、一般的なTiO<sub>2</sub>より初期接触角が低く、親水化速度も速いことが確認された。

また、可視光での反応活性を向上させるために、本プロジェクトにおいて粉末材料で効果が確認されたCu担持（アイランド成膜）での評価を行った。AA分解活性に対して、スパッタ成膜条件及び膜厚の最適化を行った結果、高いAA分解活性を示した。しかしながら、WO<sub>3</sub>単膜に比べ1/2程度の活性に留まり、スパッタ成膜によるCu担持は活性向上ではなく活性障害となってしまうことが確認された。

尚、WO<sub>3</sub>膜の耐久性評価として、耐候試験の外、建築用ガラス向け耐久性試験方法である1N-NaOH溶液による耐アルカリ性評価を行ったが、約7hrsの浸漬によりWO<sub>3</sub>膜は完全に溶解してしまい、TiO<sub>2</sub>膜による被覆でも約20hrsでTiO<sub>2</sub>膜と共に溶解してしまい、AA分解活性も著しく低下してしまうことが確認され、建築用ガラスとしての耐久性が確保できないことが確認された。

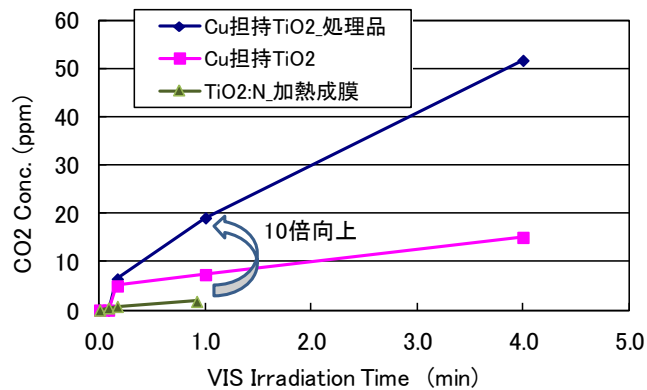
以上のことにより、建築用ガラスとしての耐久性、及び十分なAA分解活性をWO<sub>3</sub>膜での確保は困難で

あると考えられた。

#### 2)-4-② TiO<sub>2</sub>膜の検討

WO<sub>3</sub>膜で十分な活性が得られなかったことや、耐久性が悪かったことから、可視光応答性材料の創出として、本プロジェクト（東京大学）より提唱されている界面電荷移動（IFCT）現象を発現する材料の検討を行った。評価サンプルは、可視光応答性を持つルチル型 TiO<sub>2</sub>膜を作製し、その後に二価となるスパッタ条件にて極薄膜 CuO を TiO<sub>2</sub>膜上に担持成膜した。

以上の成膜により得られた Cu 担持 TiO<sub>2</sub>膜の AA（100ppm 濃度）分解活性評価を行い、AA 分解により生成する CO<sub>2</sub>の発生状況について、可視光（人工太陽光+42L カットフィルター：420nm 以下カット）による挙動を図Ⅲ-2-③-43 に示した。



図Ⅲ-2-③-43 可視光応答型光触媒の AA 分解活性評価結果

その結果、図中■シンボルで示される CuO を担持した TiO<sub>2</sub>膜（Cu(Ⅱ)/TiO<sub>2</sub>）において、可視光による CO<sub>2</sub>生成が確認され、可視光応答性光触媒の基準材料としている N ドープ TiO<sub>2</sub>（図中、▲シンボル）に比べ約 2 倍の活性向上が確認された。

また、Cu(Ⅱ)/TiO<sub>2</sub>膜において、可視光により励起された電子が IFCT 現象により移動した反応サイト（Cu）での反応を促進させるために種々の処理を検討した結果、CuO 成膜後に、ある処理を行うことで、図中◆シンボルで示すように AA 分解活性は基準品（TiO<sub>2</sub>:N）に比べ約 10 倍の活性向上が確認できた。さらに、可視光応答性が報告されている Fe(Ⅲ)についても検討を行った結果、成膜後の処理を行わなくとも、処理済み Cu(Ⅱ)/TiO<sub>2</sub>と同程度の高い AA 分解活性を示すことが確認された。これまで比表面積が比較的大きな粉末による高活性材料の報告多くなされているが、これらの結果はスパッタ薄膜による高活性な可視光応答性光触媒としては、非常に高い分解活性を有する材料であることを示した。

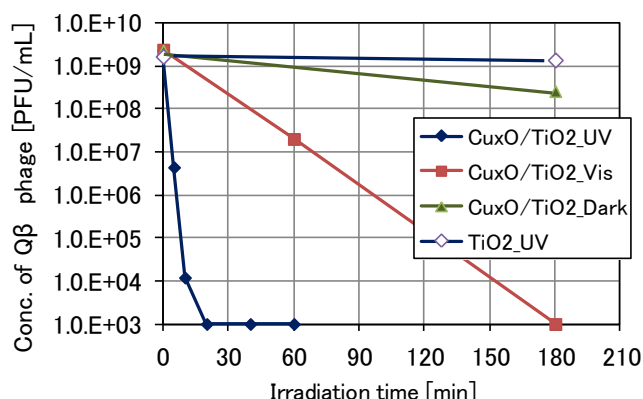
一方、Cu(Ⅱ)及び Fe(Ⅲ)を担持した TiO<sub>2</sub>膜において、可視光照射下での親水性の評価を行った。その結果、UV 光および可視光の照射により、いずれの材料も親水化現象が観察され、UV 光型 TiO<sub>2</sub>膜とほぼ同じ性能であることが確認された。また、Cu(Ⅱ)担持 TiO<sub>2</sub>に比べ、Fe(Ⅲ)担持 TiO<sub>2</sub>の方が親水化速度が速く限界接触角も低いことが確認され、製造的な利点も考慮して、可視光応答型光触媒材料としては、Fe(Ⅲ)担持 TiO<sub>2</sub>が適当であると判断された。

しかしながら、ルチル相の確保や、耐薬品性などの耐久性が懸念され、一般建築用ガラスとしての耐久性試験（耐摩耗性、耐薬品性、耐有機溶剤性など）を実施したが、いずれの試験においても外装材、内装材用としては必要性能を満たさないことが確認された。以上の結果から、耐久性を向上させた状態での活性確保は、今後の材料開発での課題として考える。

#### 2)-4-③ 抗ウイルス性の評価

UV 光型 TiO<sub>2</sub>光触媒膜において、大腸菌や黄色ブドウ球菌などに対する抗菌性を有することを確認し

たが、本プロジェクトにより開発された Q $\beta$  フェージを使用した抗ウイルス性評価技術を用いて、本プロジェクト成果として、スパッタ製法により作製した Cu<sub>x</sub>O 担持 TiO<sub>2</sub> 膜での各種光源による抗ウイルス性の評価を行った。その結果を図Ⅲ-2-③-44 に示す。



図Ⅲ-2-③-44 各光源での抗ウイルス性の比較

その結果、Cu<sub>x</sub>O 担持をすることで TiO<sub>2</sub> 膜は、暗所保管でも若干の不活化の効果は観られるものの、可視光、UV 光の照射により非常に高い抗ウイルス性を発現することが確認された。また、抗菌性材料に対する耐久性試験を行った結果、消毒液、ガラス洗浄液などの各種薬品の浸漬、及び布拭きを想定した耐磨耗試験を実施した後でも、抗ウイルス性の不活化速度は低下するものの、UV 光、可視光の照射により不活化することが確認され、室内用途での耐久性を有していると判断された。

また、同様のサンプル (Cu<sub>x</sub>O 担持 TiO<sub>2</sub> 膜) での細菌 (大腸菌、黄色ブドウ球菌、緑膿菌)、かび (クロコウジカビ)、酵母 (カンジダ・アルビカンス) に対する抗菌性・抗カビ性の評価を (財) 北里環境科学センターにて実施した。その結果を表Ⅲ-2-③-11 に示す。

表Ⅲ-2-③-11 各種細菌及びカビに対する抗菌・抗カビ活性値

| 細菌・カビ・酵母の種類 |             | 暗所  | UV  |
|-------------|-------------|-----|-----|
| 細菌          | 大腸菌         | 5.3 | 4.5 |
|             | 黄色ブドウ球菌     | 4.6 | 4.3 |
|             | 緑膿菌         | 5.2 | 3.3 |
| カビ          | クロコウジカビ     | 0.3 | 2.9 |
| 酵母          | カンジダ・アルビカンス | 3.3 | 1.4 |

抗菌性評価では、暗所(24hrs)、UV 光照射のいずれの条件下でも、抗菌活性値が 2 以上を示し高い抗菌性を有することが確認された。一方、抗カビ性評価では、かび (クロコウジカビ) に対する暗所での効果は確認されなかったが、UV 光照射により抗かび活性値が 2 以上となることが確認された。また、酵母 (カンジダ・アルビカンス) については、UV 光照射によりリファレンスを含め菌数の減少が観察されたことで直接的な効果は確認できなかったが、暗所 (24hrs) 下では抗かび活性値が 2 以上となることが確認され、光照射の有無に問わず、高い抗カビ性を有していることが確認された。

一方、抗ウイルス性、及び抗菌・抗カビ性の効果が確認された Cu<sub>x</sub>O 担持 TiO<sub>2</sub> 光触媒膜サンプルについて、安全性評価として、(財) 日本食品分析センターにおいて以下の試験を実施し、それぞれの結果を得た。



- ウサギを用いた皮膚一次刺激性試験  
⇒一次刺激性インデックス(P. I. I.) = 0、「無刺激性」の範疇
- 微生物を用いる変異原性試験  
⇒復帰変異コロニー数の増加は認められず。突然変異誘起性 = 「陰性」
- ラットを用いた急性経口毒性試験  
⇒単回経口投与による LD<sub>50</sub> 値は、2000mg/kg 以上（雄雌とも）

その結果は、いずれの試験においても、安全性に対する異常がにことが確認された。

以上の結果より、スパッタ製法により成膜した Cu 担持 TiO<sub>2</sub> 膜では、可視光応答性の VOC 分解活性、及びセルフクリーニング機能が、Cu<sub>x</sub>O 担持 TiO<sub>2</sub> 膜では抗菌・抗ウイルス機能をそれぞれ見出すことができ、これまでの光触媒ガラスにはない非常に興味深い成果が得られたと判断される。また、それぞれの新機能を活かした新規分野や新規用途への展開が大いに期待できる成果であると判断される。

## ○株式会社積水樹脂技術研究所

### ■研究開発内容

当社は「高感度可視光応答型光触媒」を用いた「室内浄化内装建材」を開発し、当社の親会社である積水樹脂㈱の「建材」および、積水樹脂グループの「内装用建材」による製造販売を通じて、快適で住み良い環境づくりに貢献することを目的としている。

室内の空気環境を浄化できる建材の開発を目標に、有害ガスの吸着機能とプロジェクト成果である高感度可視光応答型光触媒の分解機能を組合せた内装建材用塗膜の開発を実施する。

また、当グループの内装建材はビルや駅構内などの公共空間に採用いただくことが多く、本事業によって菌・ウイルスが抑制できる建材ができれば、公共空間における安心・安全な空間を提供することが可能となる。また、これらの抗菌・抗ウイルス機能と消臭機能を併せ持つことで、病院・介護施設などの環境改善に繋げることができる。

更に、過去に可視光応答型光触媒材料の販売を見据えた検討を行った経緯から、様々な分野で光触媒技術の有効性が明らかとなっており、本事業の技術開発が成功すれば幅広い分野への拡大が期待できることから本事業成果の普及を目指してコート液販売に関する検討を進める。

■研究開発内容

■目標・検討状況まとめ

| 研究開発項目   | 最終目標  | 実施内容と成果   |
|----------|---|---|
| 1)内装部材開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>光触媒活性 5 倍の建材を開発</li> <li>設置効果を実感できる条件探索</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>活性 5 倍の建材の製品化を図った。</li> <li>塗工技術の確立を行った。</li> <li>簡易実験室により設置効果を実感できる条件探索を行い設置方法の工夫の方向性を見出した。</li> <li>実スケールの試作により実証実験を進め、有効な結果を得ることができた。</li> </ul>  |
| 2)コート液開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>内装建材用コート液の開発</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト成果である Cu/WO<sub>3</sub> を活用し、種々検討を重ねることで飛躍的に活性が向上する仕様を見出した。</li> <li>ガス分解性能に関し、蛍光灯全光で現行品比 5 倍、UV カット光で 10 倍の活性を有するコート剤を開発した。</li> <li>本事業で開発した当社内装建材用コート剤について、成果を広めるために新規用途向けのコート剤の開発を実施。プロジェクト内の企業にサンプルワークを実施し評価・改良検討をおこなった。</li> </ul> |
| 3)評価技術確立 | <ul style="list-style-type: none"> <li>簡易実験室を用いた評価技術を確立</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>ガスバッグ法、流通法のラボ評価技術を確立した。</li> <li>簡易実験室の整備を進め実スケール試作品の評価技術を確立した。</li> <li>ラボレベルの評価と簡易実験室での評価結果について相関性を検証。ラボ試作段階で設置効果の見通しを得ることが可能となった。</li> </ul>  |

以降にこれまでの実施内容を示す。




内装部材開発

高感度可視光応答型光触媒材料を用いることで高い効果を実感できる内装部材を開発するに当たり、内装部材としての製品企画や塗工条件の検討などを実施した。

1)-1. ターゲット製品の設定（製品企画）

使用シーンを想定し、対象物質・使用環境(光源種類, 照度等)などを設定することを目的に、当社建材製品関連部署とのヒアリングを重ね、現在保有している光触媒材料を用いたテストを行った。

表Ⅲ-2-③-12 弊社(関連会社含む)の内装部材と機能および課題

|  | ■ 機能   | ■ 表面(塗膜)特性   | ■ 検討課題  |
|--|--|--|---|
| ○住宅内壁<br>機能面材<br>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 消臭(タバコ臭,生活臭)</li> <li>■ VOC対策</li> <li>■ 抗菌,抗ウイルス</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 表面積大(ポーラス表面)</li> <li>■ 耐衝撃性,耐湿性,耐薬品性,耐汚染性などをクリア(生活汚れ・落書き汚れなど)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 吸着助剤選定・最適化</li> <li>■ 光触媒性能を最大限発揮</li> <li>■ 汚れ対策重要</li> </ul> <p>■ 効果の見える化が必須</p>       |
| ○公共空間<br>商業施設壁面<br> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 汚れ防止(指紋,手あか)</li> <li>■ 落書き防止(マジック,ラッカー)</li> <li>■ 消臭(タバコ臭,商品臭)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 表面硬度 2H以上</li> <li>■ 業務用洗剤による清掃に耐えること</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 汚れ対策(分解・親水)</li> <li>■ 塗膜物性確保(硬度・耐薬品性他)</li> </ul> <p>■ 指紋対策,手あか対策が必須</p>                |
| ○公共空間<br>壁面<br>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 抗菌,抗ウイルス</li> <li>■ 消臭(アンモニア臭など)</li> <li>■ 汚れ防止(マジック,ラッカー)</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 表面硬度 2H以上</li> <li>■ 耐薬品性(HCl,NaOH水溶液スポット)</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 抗菌,抗ウイルス性能付与</li> <li>■ 光触媒性能を最大限発揮</li> <li>■ 消臭と防汚機能の両立</li> </ul> <p>■ 効果の見える化が必須</p> |

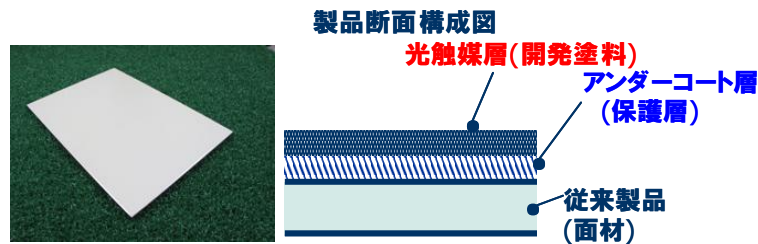
当社の親会社である積水樹脂株式会社およびその関連子会社の製品は、上表の様に多岐に渡る。その中でも住宅内壁を除く公共空間向けの壁材に絞り検討を進めることにより、

- 対象物質と光触媒性能のバランスが重要であること。
- 光触媒性能を有効利用するためには大面積が必要であること。

が明らかとなったことから、積水樹脂グループの面材の中でも公共空間などで採用が多い内装建材を選定し、店舗・公共空間(室内)の消臭・抗菌・抗ウイルスなどの機能を付与することに決定した。以下に開発戦略(設計思想)を示す。

■ 内装建材の開発戦略(設計思想)

- ① 現行製品(面材)の上に光触媒層をコーティングする。
- ② 現行の製品と同じ扱いができる製品とする(同等の物性)。  
(欠点がある場合は扱いを限定するなどの対応をおこなう)
- ③ (新しい機能製品のため)簡単施工により後付けができる取り付け方法を採用する。
- ④ 設置環境における照明は、蛍光灯(全光)を対象に開発を進める。



図Ⅲ-2-③-45 現行製品(面材)と製品断面図

1)-2. 塗工方法の検討

当社は光触媒を用いた、セルフクリーニング遮音壁・カーブミラー・デリニューターなどの(光触媒)塗装技術を保有している。これらの技術をベースにして、開発したコート液の塗膜物性・機能を十分発揮するために塗工方法の検討を実施した。

種々の検討によって生産体制を整えることができ、市場評価(実証実験など)、簡易実験室での評価検証で使用するサンプルの製作を行った。

1)-3. 塗膜物性評価

製品としての要求品質を満足することを確認するため各種塗膜物性評価(密着性・耐光性・耐薬品性・耐久性など)を実施し、塗膜としての課題を抽出。改善を行った。

以下にその結果を示す。

表Ⅲ-2-③-13 当社内装建材 塗膜物性一覧

| 項目      | 結果(状況) |   | 項目                 | 結果(状況) |               |
|---------|--------|---|--------------------|--------|---------------|
| 密着性     | 異常なし   | ○ | 耐アルカリ性             | 塗膜溶解   | ×→○<br>(用途限定) |
| 耐光性(室内) | 異常なし   | ○ |                    |        |               |
| 耐光性(屋外) | 異常なし   | ○ | 耐酸性                | 異常なし   | ○             |
| 耐払拭性    | 異常なし   | ○ | 耐メンテナンス性<br>(清掃薬剤) | 異常なし   | ○             |

種々の改良検討の結果、各項目における当社内装建材の品質基準に対して耐アルカリ性を除く全ての項目で合格できる塗膜を開発することができた。

耐アルカリ性については社内基準に対しては満足できない結果となった。これは酸化タングステン自身が溶解することを当初より予想していたが、アルカリ性の清掃薬剤への耐性(耐メンテナンス性)において問題のないことを確認したため、実用上の耐性はあるものの強アルカリ環境では不具合を生じることを念頭に用途限定をおこなうこととした。

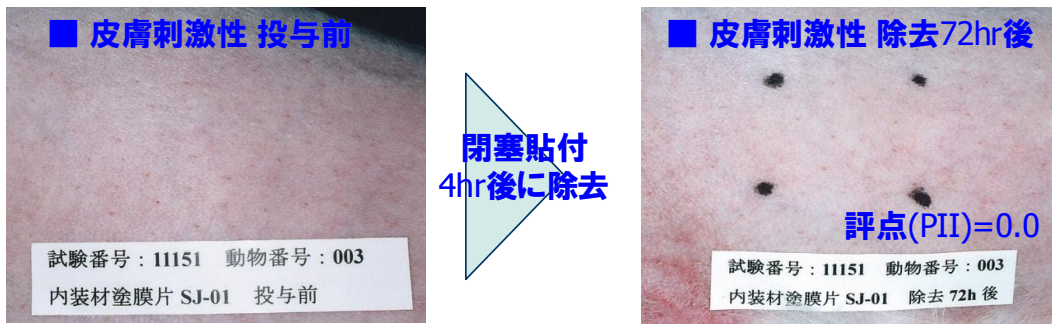
今後、建材の用途により耐アルカリ性の強化が必要な場合は、「アルカリ耐性強化の技術」導入を検討していく。

また、内装建材の製品化を進めるにあたりコスト設計を実施。特に光触媒塗膜に含まれる光触媒成分およびバインダーの配合比と塗膜厚がコストに与える影響が大きいため、光触媒性能と塗膜強度に関するマトリックスを作成して検証を進め、コスト設計を実施した。

次に、(人体)安全性の評価を実施した。その結果を示す。

表Ⅲ-2-③-14 当社内装建材塗膜 安全性評価結果一覧

| 安全性試験<br>の項目 | 光触媒工業会規定                |  | OECD<br>ガイドライン | 結果                                |
|--------------|-------------------------|--|----------------|-----------------------------------|
|              | 安全性試験方法                 | 安全性基準                                      |                |                                   |
| 急性経口<br>毒性   | ラットまたはマウスに<br>対する単回投与試験 | LD <sub>50</sub> は、2,000mg/kg 以上で<br>あること。 | TG423          | ○<br>LD <sub>50</sub> >2,000mg/kg |
| 変異原性         | Ames 試験                 | 突然変異誘起性は陰性で<br>あること                        | TG471          | ○<br>陰性                           |
| 皮膚一次<br>刺激性  | ウサギを用いる皮膚<br>一次刺激性試験    | 刺激反応性を認めない、<br>または弱い刺激性程度で<br>あること。        | TG404          | ○<br>刺激反応性は<br>認められない             |



図III-2-3-46 皮膚一次刺激性試験状況

安全性に関する評価項目および基準は、光触媒工業会が製品認証に用いているものを採用した。また評価方法は OECD ガイドラインの各評価項目に応じた試験条件に準拠した (GLP 非適合)。

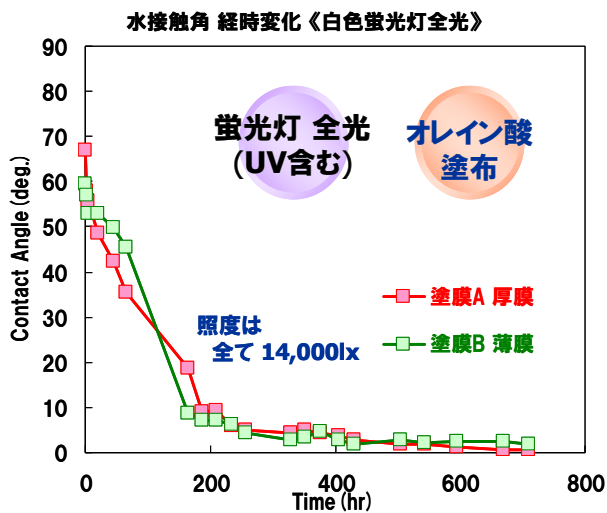
その結果、急性経口毒性・変異原性および皮膚一次刺激性の全てにおいて光触媒工業会の安全性基準を十分満足することが明らかとなった。

1)-4. 機能性評価

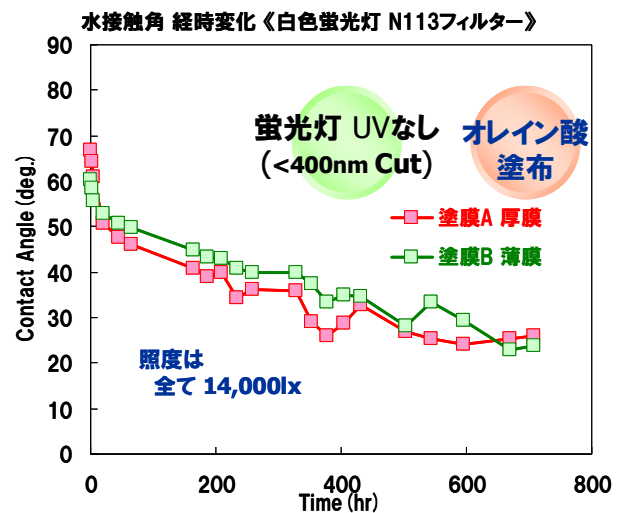
1)-4-1. 親水性能の検証

酸化チタン系光触媒の重要な機能である「親水性能」について、今回開発した Cu/WO<sub>3</sub> 系コート剤の機能を検証した。使用される環境によって光源が異なるため、以下 2 種類の光源を用いて水接触角を測定した。

- 光源 ; ① 蛍光灯 (全光) 14,000lx  
② 蛍光灯+N-113 フィルター (<400nm Cut) 14,000lx
- 試料 ; ガラス基板にコート剤を塗布 (□52×52mm)
- 前処理 ; 蛍光灯照射により接触角を 20deg 以下とし、その後、オレイン酸を塗布 (2mg/100cm<sup>2</sup>)。



図III-2-3-47 水接触角の経時変化 (全光)

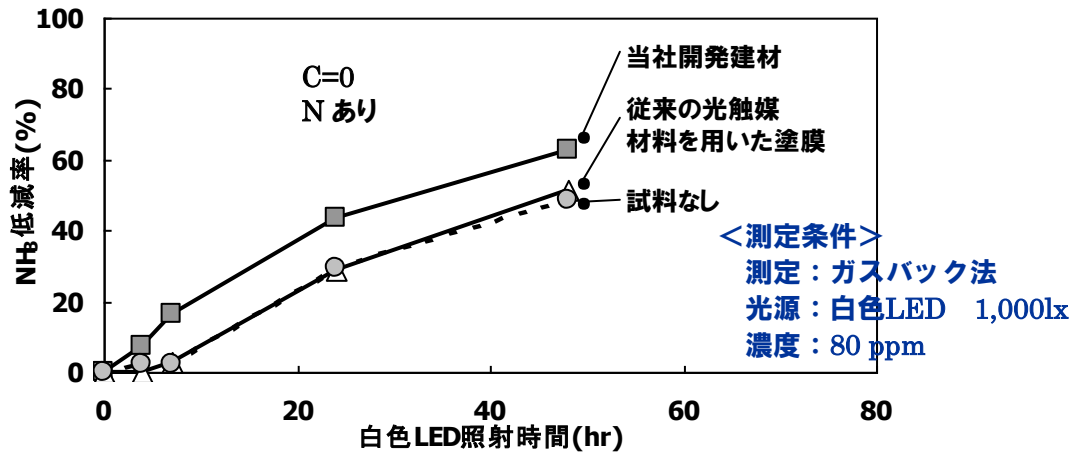


図III-2-3-48 水接触角の経時変化 (UV カット光)

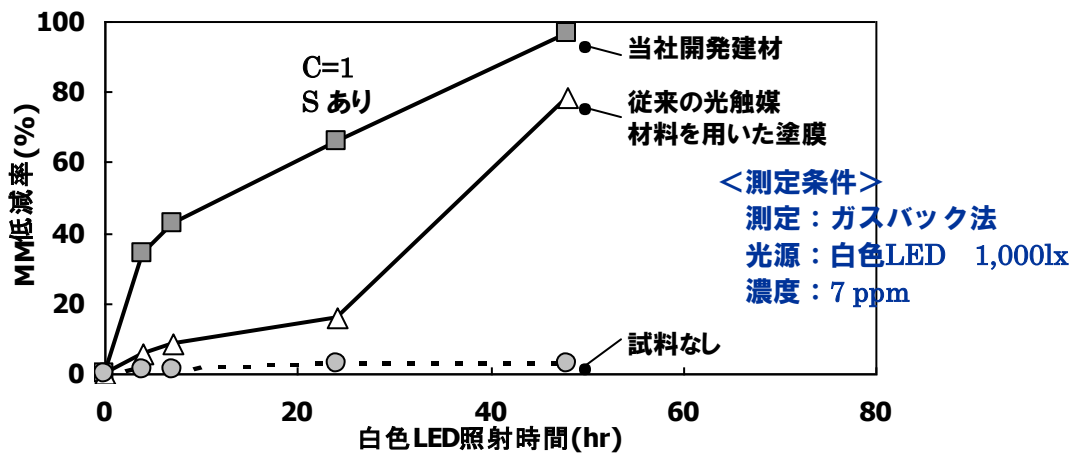
ガラス基板に開発したコート剤を塗布した直後は超親水状態 (5deg 以下) であり、その後オレイン酸塗布により初期水接触角は 60~70deg に上昇。蛍光灯全光照射により、163hr で 10deg 以下、250hr で 5deg 以下となった。その際膜厚による差は確認されなかったことから更に薄膜にできる可能性を見出した。ただし、N-113 フィルターによる UV カット光では接触角の低下が遅いことから、UV 光が全く存在しない環境では注意が必要であることが判明した。

1)-4-2. 消臭効果の検証

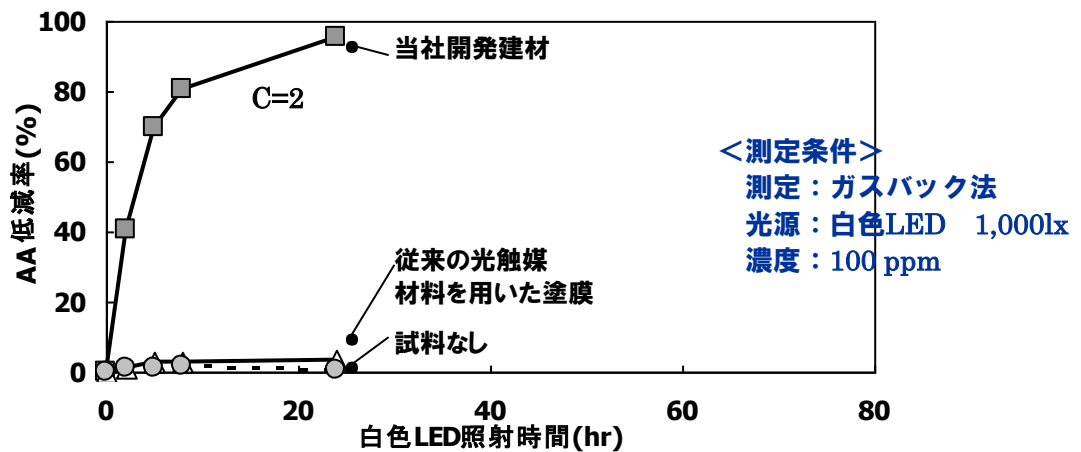
可視光応答型光触媒による消臭効果を把握し訴求につなげるため、様々なガス (臭気) に対する低減効果を検証した。



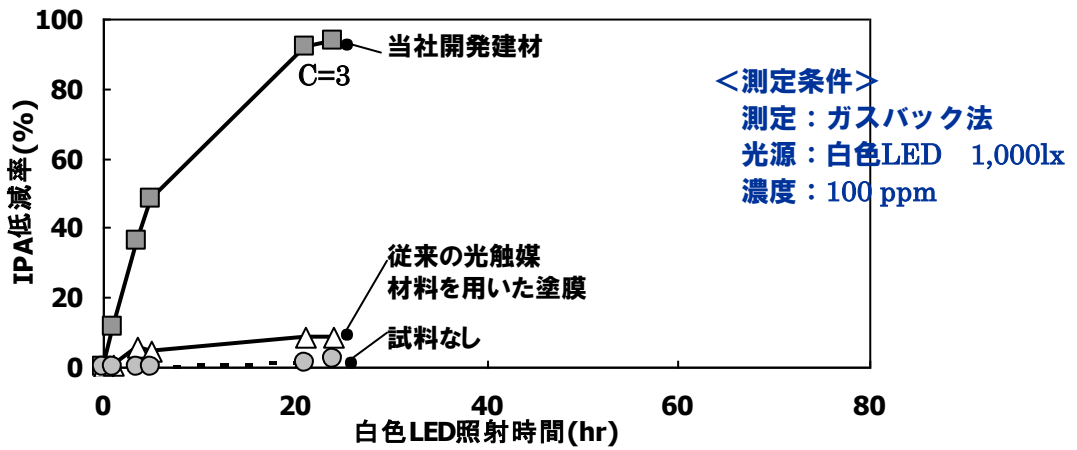
図III-2-③-49 アンモニア (NH<sub>3</sub>) 低減性能



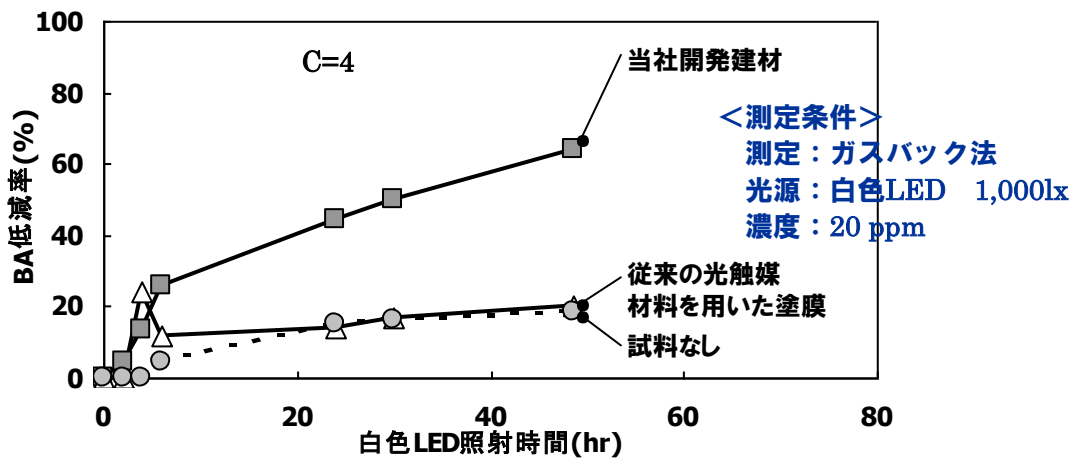
図III-2-③-50 メチルメルカプタン (MM) 低減性能



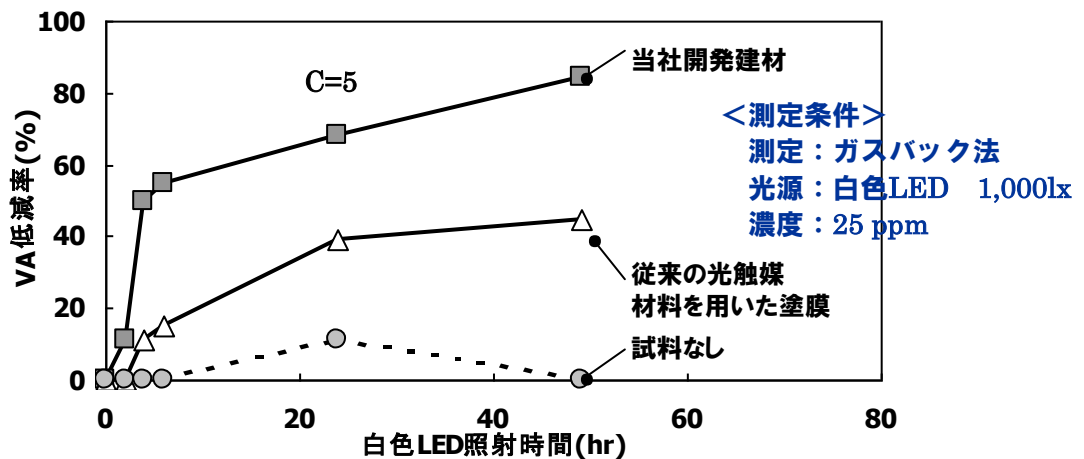
図III-2-③-51 アセトアルデヒド (AA) 低減性能



図III-2-③-52 イソプロピルアルコール(IPA)低減性能



図III-2-③-53 酪酸(Butyric Acid)低減性能



図III-2-③-54 イソ吉草酸(Valeric Acid)低減性能

炭素(C)の比較的少ないアセトアルデヒド(C=2)およびイソプロパノール(C=3)は、他の臭気に比べて低減が早い、窒素(N)や硫黄(S)を含むアンモニアおよびメチルメルカプタンではやや時間を要している。また C=4 の酪酸や C=5 のイソ吉草酸も時間が必要であるが、アンモニアを除くすべての臭気において従来の光触媒材料よりも圧倒的な効果が確認できた。

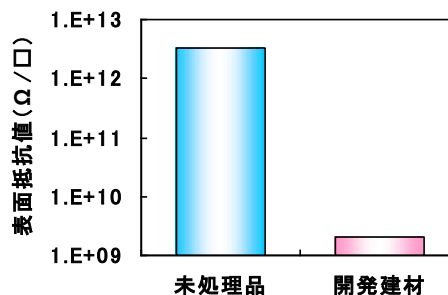


1)-4-3. 表面抵抗値の検証

当社開発建材の想定する用途として食品工場内壁や電子部品製造工場におけるクリーンルームなどがある。これらの室内では埃やごみの付着を嫌うことから特に静電気を生じにくい特性が要求されるケースがある。

そこで、今回開発した建材の塗膜における表面抵抗値の測定をおこなった。その結果を右図に示す。

従来の当社建材の表面では、 $10^{12}\Omega\cdot\text{口}$ 程度の抵抗値に対し、当社が開発した建材の表面抵抗は3桁低い $10^9\Omega\cdot\text{口}$ 程度となった。



図Ⅲ-2-③-55 開発塗膜の表面抵抗値

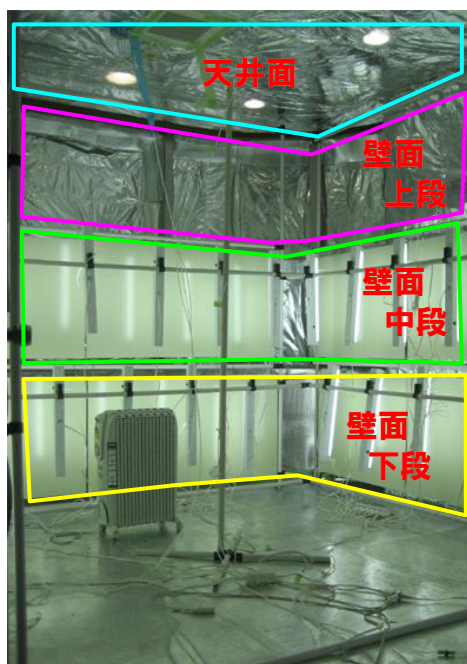
この特性はクリーンルームなどの特殊用途以外にも照明カバー等に使用できる可能性があり、新規用途探索の際に提案を進める。

1)-4-4. 簡易実験室における設置効果の検証

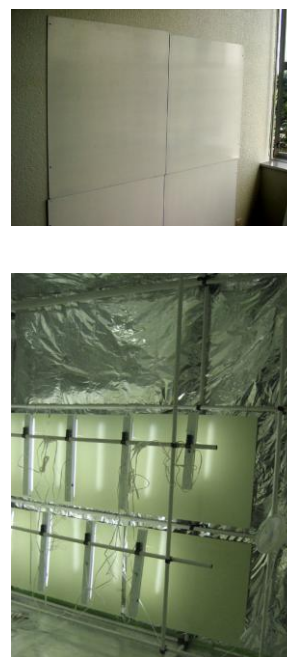
後述する本事業で確立した簡易実験室による評価技術を用いて、設置効果を効率良く出すための条件探索を実施。なお本機能性評価には前述の「1)-2. 塗工方法の検討」で確立した条件で作成した大判サイズのサンプルを使用した。

【試験概要】

- ・簡易実験室にサンプル(10.1 m<sup>2</sup>)を設置(全面に設置せず)。
- ・簡易実験室内の IPA 濃度が 400ppm になるように計算して IPA を室内に揮発させ、一定時間毎に室内臭気を捕集し、ガスクロマトグラフにて IPA 濃度の経時変化を測定。



図Ⅲ-2-③-56 簡易実験室(中・下段に設置時)



図Ⅲ-2-③-57 設置建材と照明状況

この検証により設置方法のポイントが明らかとなったことから、この指針を今後の市場評価に活用する。

1)-5. 実スケール試作

1)-2. 塗工方法の検討 において確立した良品化条件を用いて実スケールの建材を生産。量産試作品の評価を実施した。

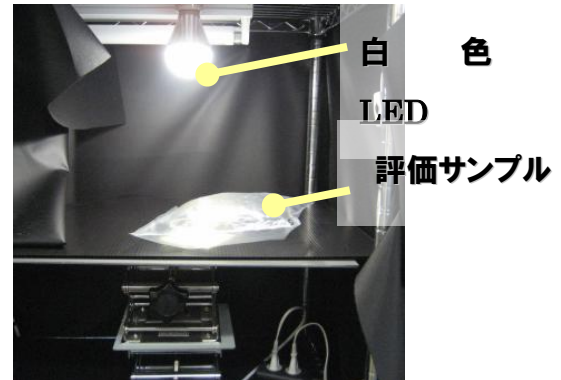
1)-5-1. アセトアルデヒドガス分解活性

この試作品(塗膜)について、昨今の省エネ技術の発展を背景に LED 照明 (以下、白色 LED) の採用が広がっていることから、紫外線を一切含まず 430nm 付近にピークを持つ「白色 LED 照射」におけるアセトアルデヒドガス分解性能を検証した。

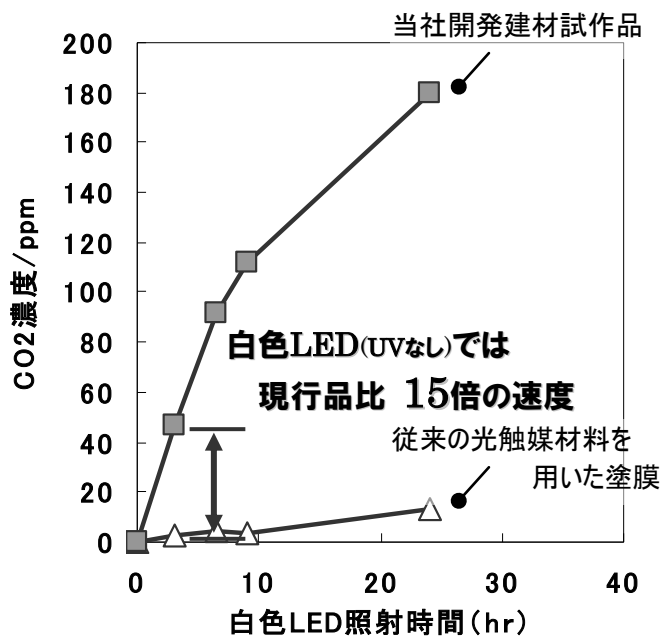
試験にはガスバッグを用い、16hr 暗所吸着をおこなった後に照度を 2,600 lx に設定して評価した。



図Ⅲ-2-③-58 内装建材試作サンプル



図Ⅲ-2-③-59 LED 評価状況

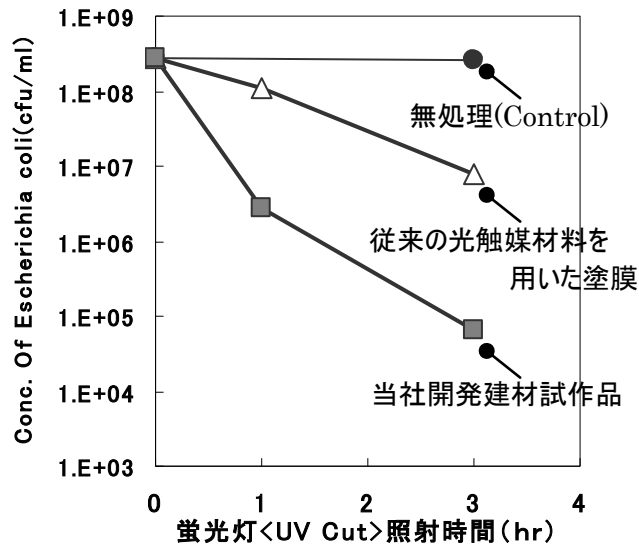


図Ⅲ-2-③-60 アセトアルデヒドガス分解時の CO<sub>2</sub> 発生状況

上図にアセトアルデヒド(100ppm)分解時の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度の推移を示すが、従来塗膜がCO<sub>2</sub>をほとんど生成しないことに対し、開発塗膜は白色LED照射直後からCO<sub>2</sub>濃度の増加し、完全分解に至ることが確認できた。

1)-5-2. 抗菌活性(大腸菌)

以下に開発塗膜の抗菌性能(大腸菌)を示す。試験は紫外線カットフィルム付蛍光灯 (> 400 nm) を用い、照度を 800 lx に設定してフィルム密着法にて行なった。

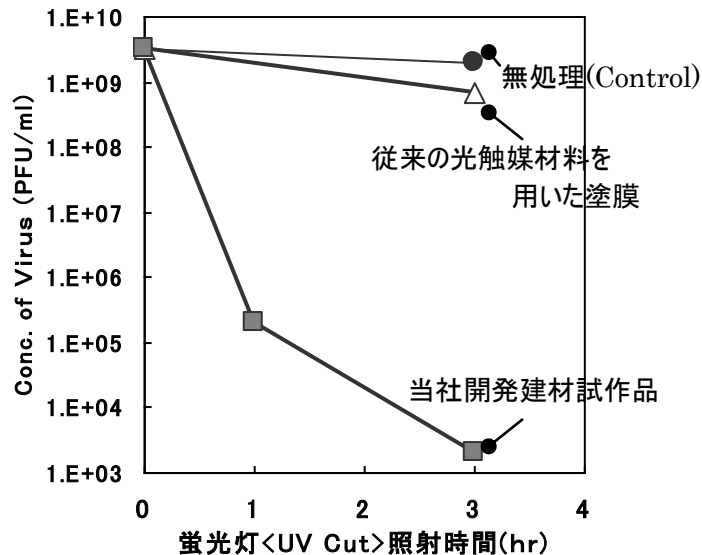


図Ⅲ-2-③-61 抗菌活性(大腸菌)評価結果

従来塗膜は光照射をおこなっても 1 桁程度の抗菌性能であるのに対し、開発塗膜では試験開始 3 時間で 3 桁 (99.9%) 以上の抗菌性能を示した。

1)-5-3. 抗ウイルス活性(Qβ フェージ)

以下に開発塗膜の抗ウイルス性能を示す。試験は、上記の抗菌試験と同様の条件で行った。開発塗膜では試験開始 3 時間で検出限界以下 (5 桁 99.999%以上) のウイルスを低減した。



図Ⅲ-2-③-62 抗菌活性(大腸菌)評価結果

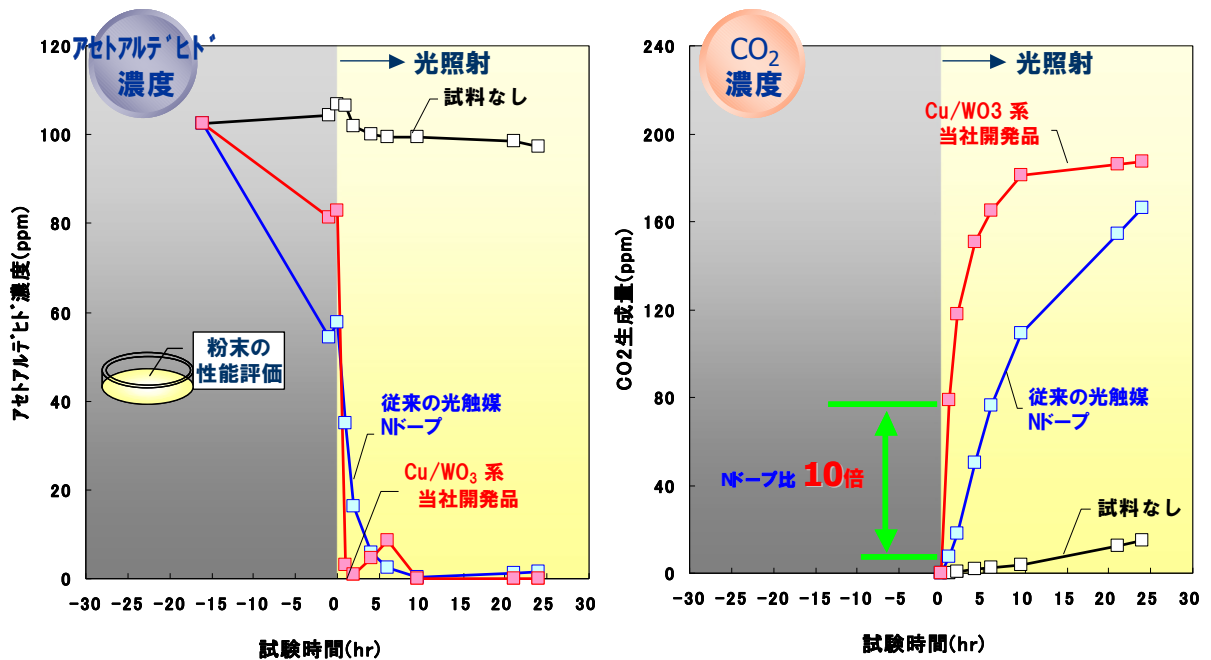
この結果は、無処理品 (光触媒なし、光照射あり) においてウイルスの低減が見られないことと、開発塗膜の暗条件ではウイルスの低減が 2 桁程度であることから、開発塗膜の光触媒活性によりウイルスの不活化が進行した結果であるといえる。また、先のガス分解性能試験と同様に白色 LED 照射でもウイルス低減を確認できている。

コート液開発

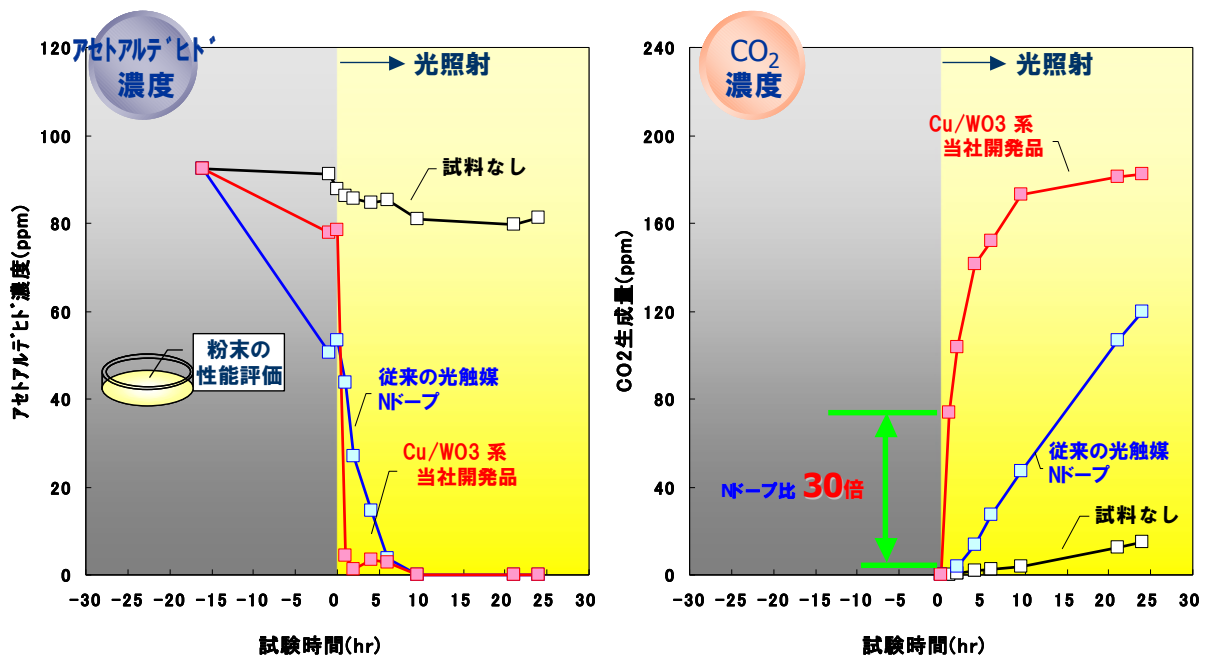
高感度可視光応答型光触媒素材を製品に定着させる目的でコート液の開発を実施した。種々の検討の結果、以下の成果が得られた。

2)-1. 従来の光触媒材料(N ドープ TiO<sub>2</sub>)との比較<粉末材料>

評価条件は光源を①蛍光灯(全光)4,000lx、②蛍光灯+N-169 フィルター(<395nm 以下カット) 4,000lx の2種類とし、ガスバッグ法によりアセトアルデヒドガス分解活性を検証した。



図Ⅲ-2-③-63 Cu/WO<sub>3</sub>系当社開発品 従来のN ドープとの比較(①蛍光灯全光)



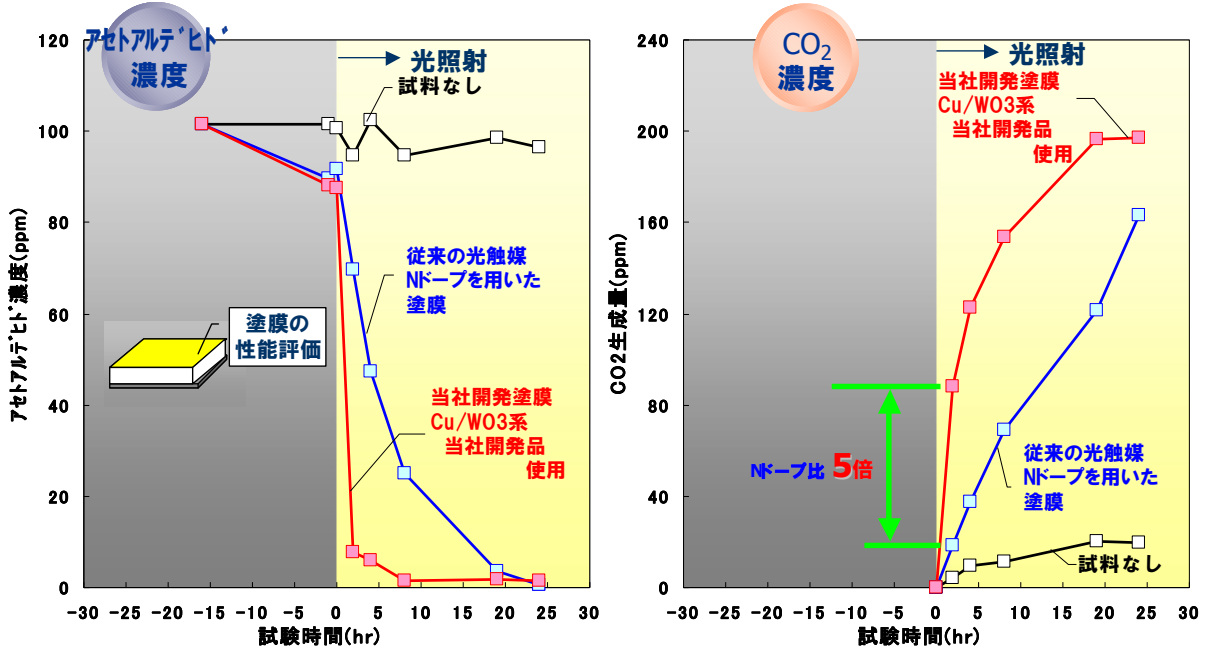
図Ⅲ-2-③-64 Cu/WO<sub>3</sub>系当社開発品 従来のN ドープとの比較(②蛍光灯+N-169(<395nmCut))

光源①蛍光灯(全光)4,000lxを用いた評価においては、Nドープに比べてCO<sub>2</sub>生成速度が10倍を示し(図Ⅲ-2-③-3参照)、光源②蛍光灯+N-169フィルター(<395nm以下カット)を用いた際はNドープ比30倍と飛躍的に光触媒活性が向上した粉末材料となった(図Ⅲ-2-③-4参照)。

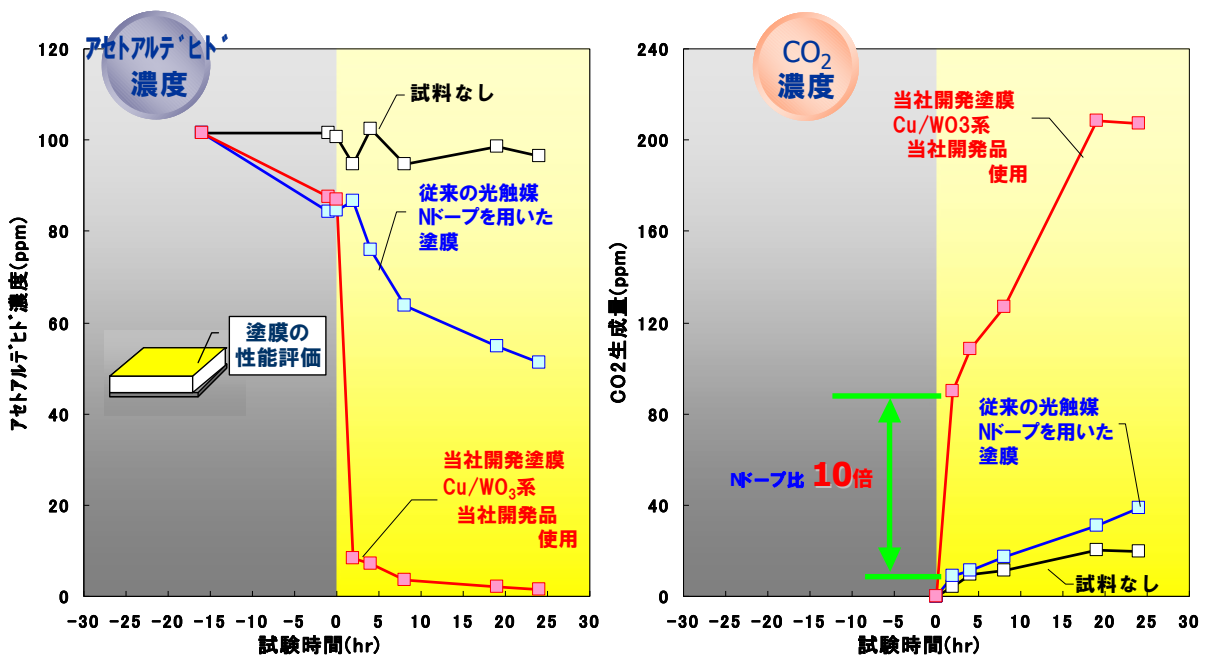
2)-2. 従来の光触媒材料(N ドープ TiO<sub>2</sub>)との比較<コーティング剤>

次に上記の「Cu/WO<sub>3</sub>系当社開発品」を用いて(バインダーを添加した)コーティング剤を作成。別途、当社が同技術で作成した従来の光触媒材料(N ドープ TiO<sub>2</sub>)コート剤と比較するために、それぞれを基材に塗布して塗膜試料を作成した。

評価条件は先と同様に光源を①蛍光灯(全光)、②蛍光灯+N-169 フィルター(<395nmCut)の2種類(ともに4,000lx)とし、2L ガスバッグに76mm×52mmの塗膜試料を仕込んだ。



図III-2-③-65 開発したコート剤と N ドープ材料を用いた塗膜の活性比較(①蛍光灯全光)



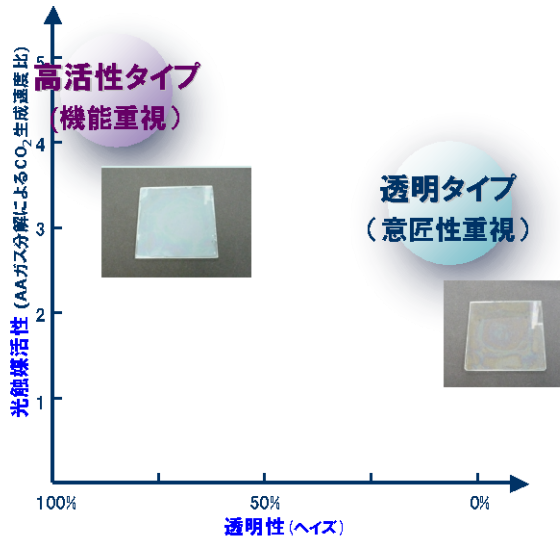
図III-2-③-66 開発したコート剤と N ドープ材料を用いた塗膜の活性比較  
(②蛍光灯+N-169 (<395nmCut))

先の光触媒粉末の比較とは少し異なりバインダー成分が入っていることから N ドープとの比はやや小さくなっているが、光源①蛍光灯(全光)4,000lx では N ドープ比 5 倍、②<395nm の UV 光をカットした場合は N ドープ比 10 倍となり、目標を達成した。

2)-3. 他分野展開

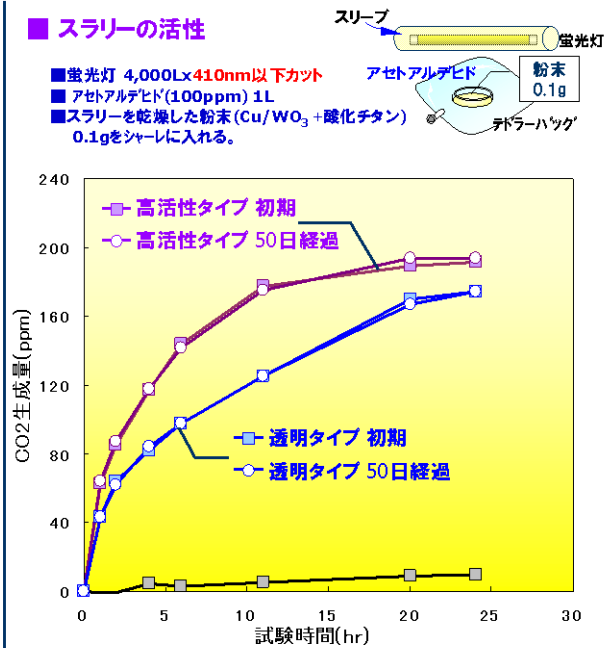
本助成事業での成果品である内装建材用コート剤について、内装建材以外の様々な分野に広げるため、現状市販されているコート剤の調査やヒアリングをおこなった上で、以下の標準サンプルを作成し、当社にとって新事業となる光触媒コート液販売事業の可能性を探索した。

■ 提供するコート液の仕様化



■ 現状、透明性と活性の両立は図れていないため、  
光触媒活性を重視した「高活性タイプ」と  
下地の意匠を重視した「透明タイプ」を  
標準の仕様とした。

■ スラリーの活性



■ いずれも50日経過(静置)後も粒子径に変化なし。  
■ 50日経過(後)は作成直後と同等の性能を維持。

図Ⅲ-2-③-67 提供するコート剤の仕様(高活性タイプと透明タイプ)

上図の様に透明性と光触媒活性はトレードオフの関係にあることから、高い透明性が要求されるガラス用途などへは「透明タイプ」を提案し、空気清浄機のフィルターなどには「高活性タイプ」を提案。また、基材の濡れ性の観点から「水系」と「アルコール系」の2種類を取り揃え、以下のように合計4種類のコート剤を開発し、本事業期間内にプロジェクト内の企業に対しサンプルワークを進めた。

● 開発コート剤 一覧

■ 水系コーティング剤



第1液

| 仕様     | 粒子径 (D50) | 比表面積 (m <sup>2</sup> /g) | PH  | 固形分 (wt%) |
|--------|-----------|--------------------------|-----|-----------|
| 高活性タイプ | 120nm 程度  | 30程度                     | 4程度 | 10        |
| 透明タイプ  | 60nm 程度   | 30程度                     | 3程度 | 10        |

第2液(共通)

|       | バインダー種 | 溶媒    | 焼付温度(推奨) |
|-------|--------|-------|----------|
| バインダー | 無機系    | エタノール | 120℃以上   |

■ アルコール系コーティング剤



| 仕様     | 粒子径 (D50) | 比表面積 (m <sup>2</sup> /g) | 固形分 (wt%) |
|--------|-----------|--------------------------|-----------|
| 高活性タイプ | 120nm 程度  | 30程度                     | 4         |
| 透明タイプ  | 60nm 程度   | 30程度                     | 4         |

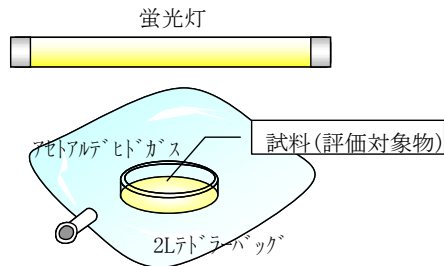
図Ⅲ-2-③-68 開発したコート剤の仕様(水系とアルコール系)

今後、ユーザーニーズに応えるために改良等を進めるとともに、プロジェクト外企業へもサンプル提供を進め、コート液販売事業の可能性を判断する。

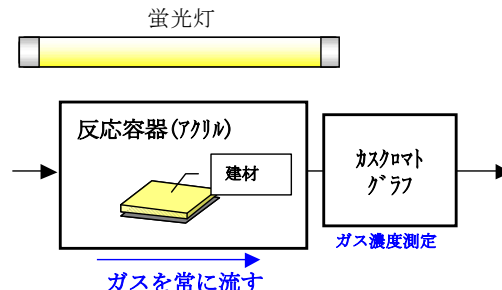
## 評価技術確立

室内環境で効果を実感できる建材を開発するために、重要な要素である評価技術の検討を行った。標準化委員会など種々検討されている評価方法を調査し、下記2種類のラボ評価技術の確立に努めた。また、今回のプロジェクトで検討し推奨された評価条件を反映することとした。

### A) ガスバッグ法



### B) 流通法



図Ⅲ-2-③-69 ラボ評価技術模式図

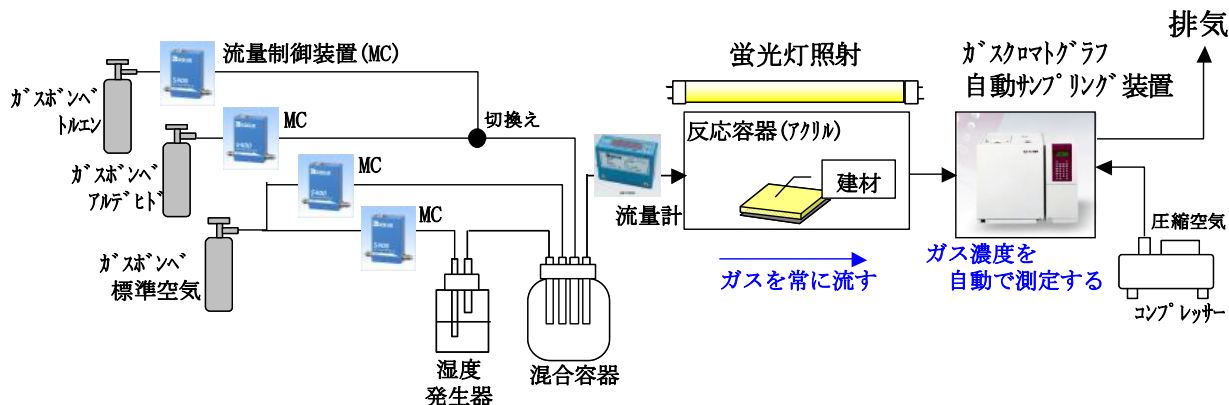
#### A) ガスバッグ法の精度向上

これまで、当社ではガスバッグ法を用いた評価により、特に「光触媒材料の特性把握(性能比較)」を実施していた。しかし統一された規格が無く独自の評価方法のため、評価精度が不明であった。そこで、本プロジェクトで推奨されている条件をふまえて当社の評価方法を精査することでガスバッグ法の精度向上を達成した。

#### B) 流通式ガス評価装置の仕様決定・導入

当社が開発する製品は特にガス吸着性能に優れるため、前述のガスバッグ法での評価では、暗所保持中に吸着するガス量が多く適切な評価が困難である。

そこで、JIS、標準化委員会などで種々検討されている評価方法を調査し、流通式ガス評価装置の導入をおこなった。



図Ⅲ-2-③-70 流通式ガス評価装置 模式図

今回導入した評価装置は、アセトアルデヒドガスのほかにトルエンガスについても評価をおこなうことができる仕様としている。また測定のコストは測定精度を考慮し、7min/回とした。

その他、可視光標準化法を参考に「流通式評価装置の条件設定を完了」し、前述のCu/WO<sub>3</sub>系当社開発品をはじめとする種々の評価を実施した。

以下に測定結果を示す。

① 蛍光灯（全光）

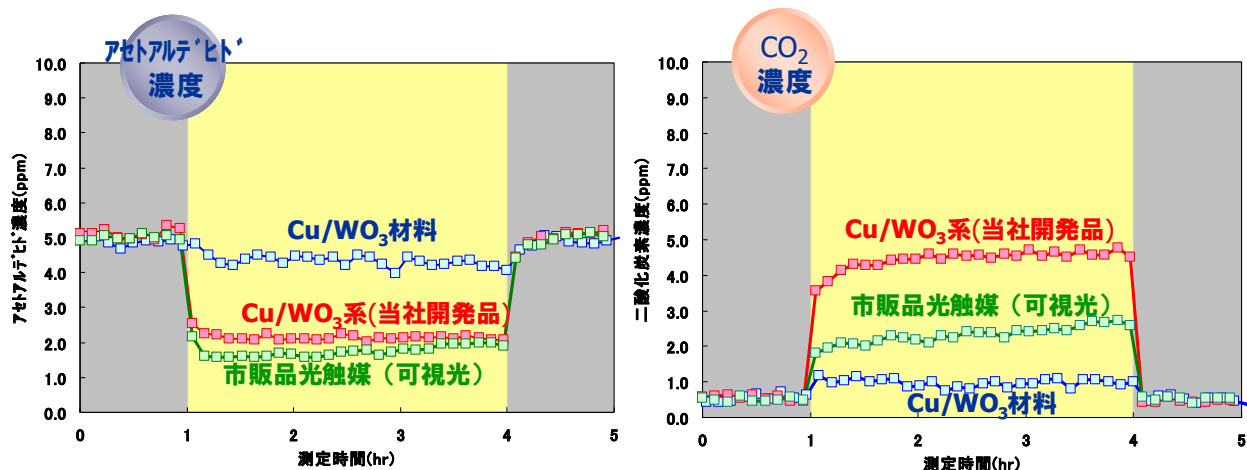
【評価条件】 ※可視光標準化法に準拠

■光源；蛍光灯 6,000lx(全光)

■導入ガス；アセトアルデヒド (5ppm) ■流量；1L/min

■温度；29℃ ■湿度；50%RH(25℃)

■試料；粉末塗布板 0.2g (50mm×100mm×t1.3；ガラス) 水溶媒で展開後乾燥。



図Ⅲ-2-③-71 ガス分解性能評価結果（蛍光灯全光）

Cu/WO<sub>3</sub> 材料のみでは活性がほとんど認められないが、当社開発品は工夫を凝らすことで活性が向上した。また市販品光触媒（可視光）との比較では、アセトアルデヒド低減は同等であるが、CO<sub>2</sub> 生成量では当社開発品の方が高い値を示した。

② 蛍光灯 + N-169 フィルター（< 395 nm カット）

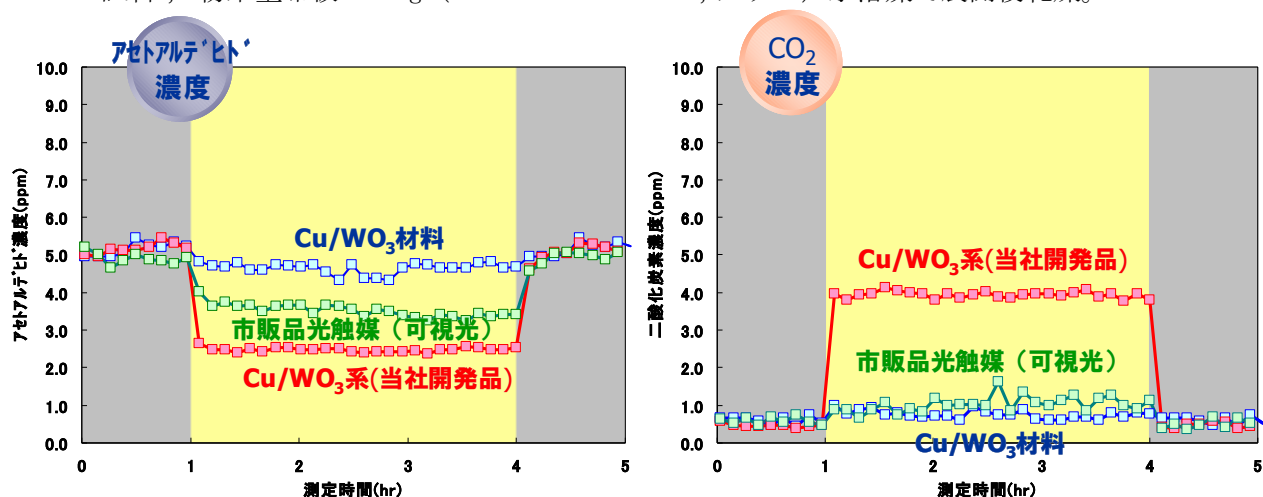
【評価条件】 ※可視光標準化法に準拠

■光源；蛍光灯 6,000lx(アクリル板：395nm 以下カット)

■導入ガス；アセトアルデヒド (5ppm) ■流量；1L/min

■温度；29℃ ■湿度；50%RH(25℃)

■試料；粉末塗布板 0.2g (50mm×100mm×t1.3；ガラス) 水溶媒で展開後乾燥。



図Ⅲ-2-③-72 ガス分解性能評価結果（蛍光灯+ N-169 フィルター）

UV カット下の市販品光触媒（可視光）のアセトアルデヒド低減・CO<sub>2</sub> 生成量は全光の 30%程度に低下したが、当社開発品は全光の 80%の活性を維持しており優れた活性を確認した。

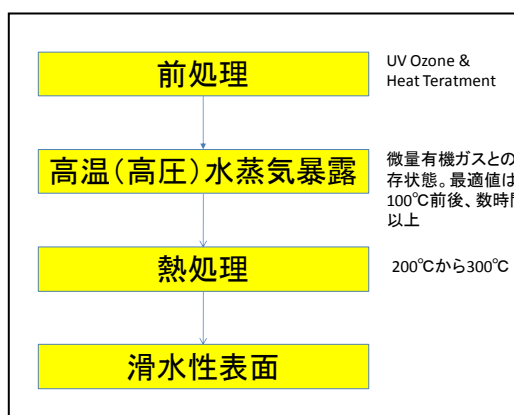


## 研究開発項目④酸化チタンの新機能創出

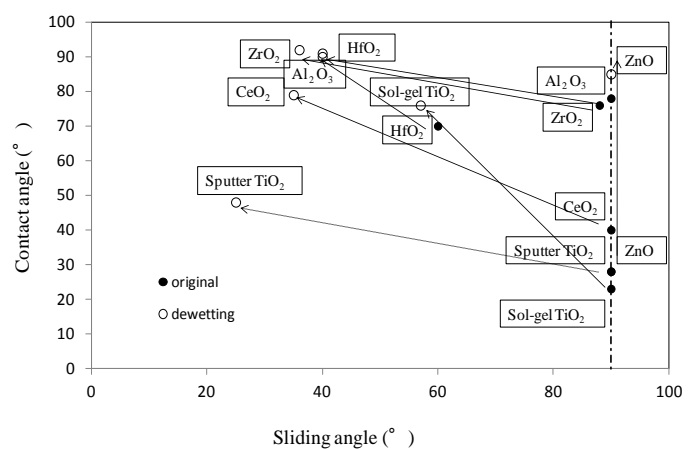
### 4-1 親水—撥水変換技術の研究開発

撥水性酸化チタン、親水—撥水変換技術、超音波照射等の光照射以外の励起源を用いる技術等を開発することにより酸化チタンの新機能を創出する研究の一環として、静的な撥水性ではなく動的な撥水性に着目し、無機酸化物表面に高度な動的撥水性を付与する手法を検討した。

湿式の雰囲気処理を最適化したプロセス（図Ⅲ-2-④-1）によって、ソーダライムガラス、金属チタン、粘土構成鉱物、光触媒チタンドープアパタイト、アルミナ薄膜、ハフニア薄膜（図Ⅲ-2-④-2）などに、耐久性のある滑水性を付与することができることを明らかにした。この滑水性は、水滴後退面の水膜の剥離の際の活性化エネルギーの原因となる化学的物理的不均一性を除去することで発現するものと考えられた。

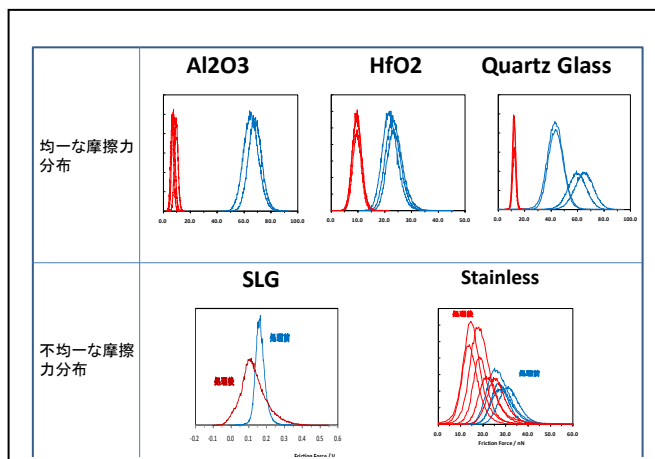


図Ⅲ-2-④-1 改良した湿式滑水化プロセス

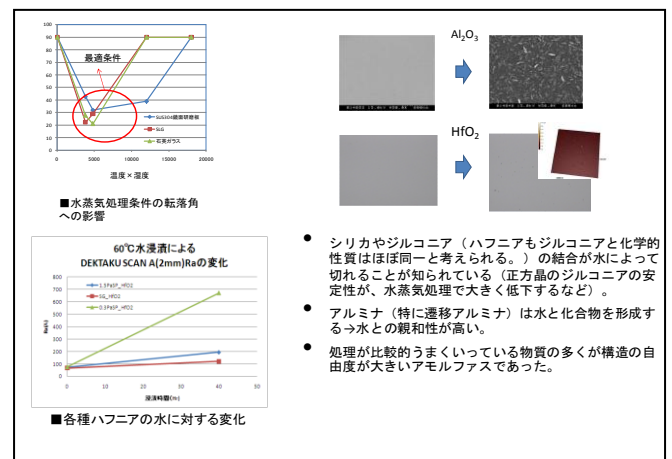


図Ⅲ-2-④-2 種々の材料への水蒸気処理の効果

湿式の雰囲気処理によって発現する動的滑水性表面について、AFM, XPS, IR, TG-DTA 等によって詳細な分析を行うことでその滑水性表面の評価方法を確立した。特に FFM による評価では、滑水性表面の抵抗の大幅な変化を捉えることができた（図Ⅲ-2-④-3）。製造条件の検討については、水蒸気雰囲気処理の最適条件があることが、水蒸気処理によって酸化物表面が損傷する現象が関与していることがわかった。温和な条件であってかつ反応を促進させる必要があることがわかった。（図Ⅲ-2-④-4）。



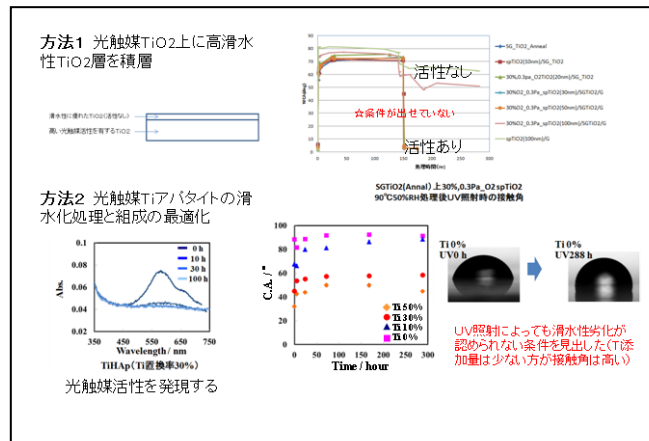
図Ⅲ-2-④-3 FFMによる滑水表面の測定



図Ⅲ-2-④-4 水蒸気との反応の分析

本プロセスは薄膜だけでなく、多孔体や繊維などにも適用可能である。

一方光触媒との組み合わせに関しては、酸化チタンベースではどうしてもUV照射によって親水化してしまう問題を解決できなかったが、チタンアパタイト系光触媒への湿式処理によって、一定の光触媒活性を発現しかつ滑水性を維持する材料を得ることができた（図Ⅲ-2-④-5）。

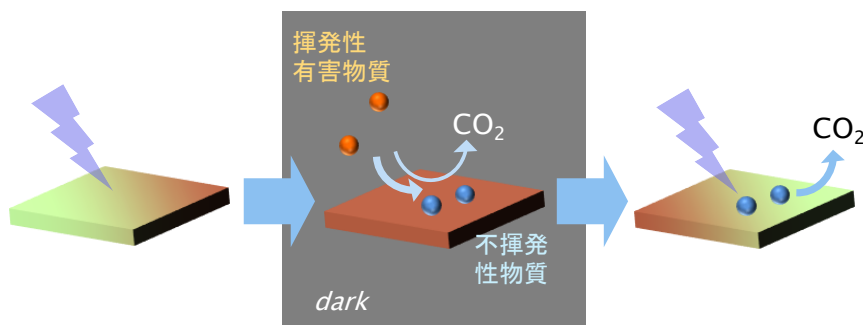


図Ⅲ-2-④-5 光触媒の滑水化処理

以上の研究によって、①常温プラズマ照射方法、②湿式の雰囲気処理法、の2つの方法で無機酸化物を滑水化することが可能となり、得られた動的滑水性表面について評価方法を確立した。またこれらの技術は、PCT/JP2010/065177の特許出願（請求項全20項、明細書153ページ）にまとめられた。また製造条件を改良した滑水性サンプルを10社の企業に提供して、その1社より実用可能性があるとする評価を得られ、評価技術の開発ができれば、実用化が可能になる見通しを得た。

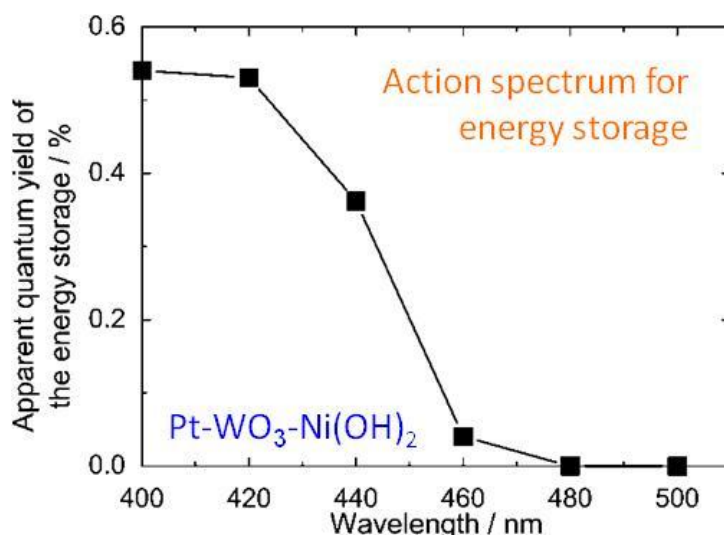
#### 4-2 エネルギー貯蔵型光触媒の研究開発

光がないと機能しないという光触媒の本質的な欠点を補うため、エネルギー貯蔵材料と組み合わせることで、夜間もその機能の一部を維持することを目指した。まずは酸化チタン光触媒とエネルギー貯蔵材料である水酸化ニッケルを組み合わせ、貯蔵した酸化エネルギーにより有害物質がどのように反応するかを調べた。購入したキセノン光源（分光放射照度計でその光量を調整）で照射し、エネルギーの貯蔵量は紫外可視近赤外分光光度計で調べた。その結果、シックハウス症候群の原因物質と言われるホルムアルデヒドは二酸化炭素に分解・無害化できることがわかった。トルエンや2-エチル-1-ヘキサノール等はカルボン酸に酸化し、揮発性を抑えて膜上に保つことがわかった。カルボン酸類は、再び光照射した際に分解される（図Ⅲ-2-④-6）。



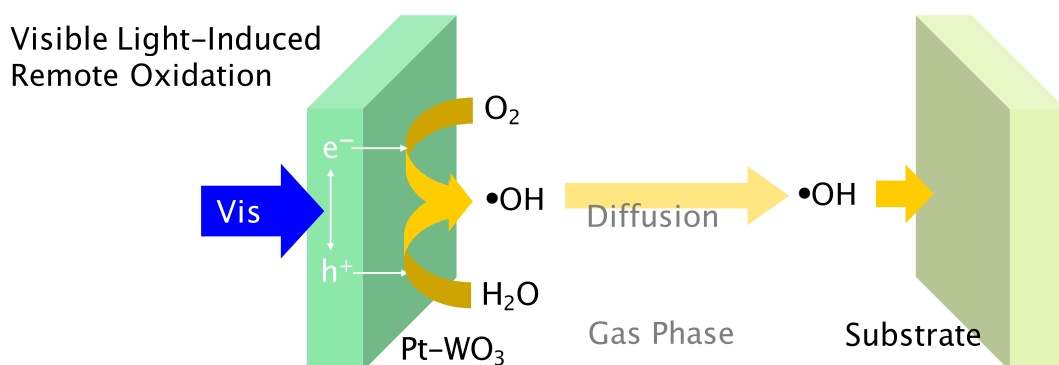
図Ⅲ-2-④-6 エネルギー貯蔵型光触媒の反応

次に、白金担持酸化タングステンや銅イオン担持酸化タングステンなどの可視光型光触媒と水酸化ニッケルを組み合わせることで製膜し（購入したスピンドクターを使用）、紫外線照射装置で紫外光照射した場合と、キセノン光源やハロゲン光源で可視光照射した場合のエネルギー貯蔵能について調べた。貯蔵容量は、電気化学測定システムによって調べた。その結果、460 nm またはそれより短い波長の光により酸化エネルギーを貯蔵できることがわかった（図Ⅲ-2-④-7）。



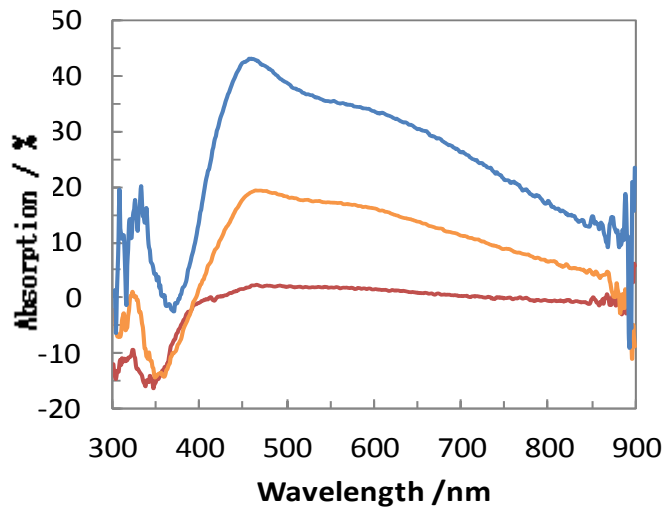
図Ⅲ-2-④-7 酸化エネルギー貯蔵のアクションスペクトル

可視光を用いた場合も紫外光を用いたときと同様に、非接触でも酸化エネルギー貯蔵できることも明らかにした。その機構は、ヒドロキシルラジカルの飛散によると推測された（図Ⅲ-2-④-8）。これにより、光触媒粒子とエネルギー貯蔵材料粒子の混合膜でも十分にエネルギー貯蔵が可能であることが示唆された。



図Ⅲ-2-④-8 可視光による非接触酸化反応の機構

光触媒として安価な酸化銅(II)粒子と酸化タングステン粒子の混合物を用いた場合にも、酸化エネルギー貯蔵が可能であることを示した(図Ⅲ-2-④-9)。いわゆるブラインドなどへの適用を提案した。

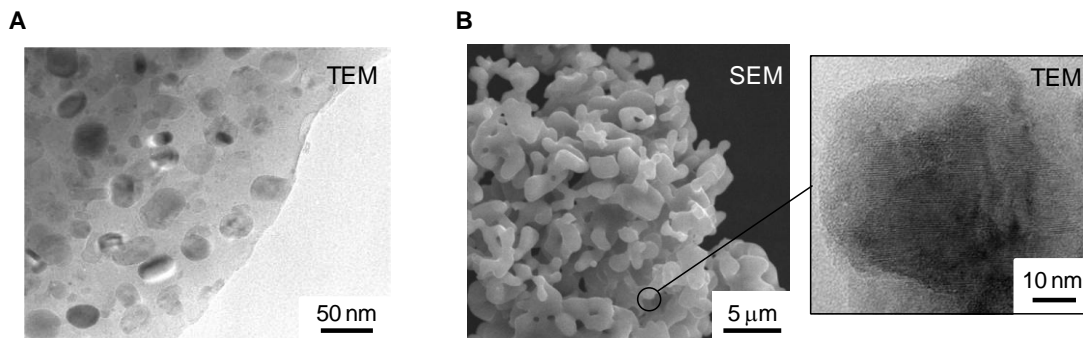


図Ⅲ-2-④-9 各種の可視光型光触媒による酸化エネルギー貯蔵

#### 4-3 強磁性をもつ酸化チタンの研究開発

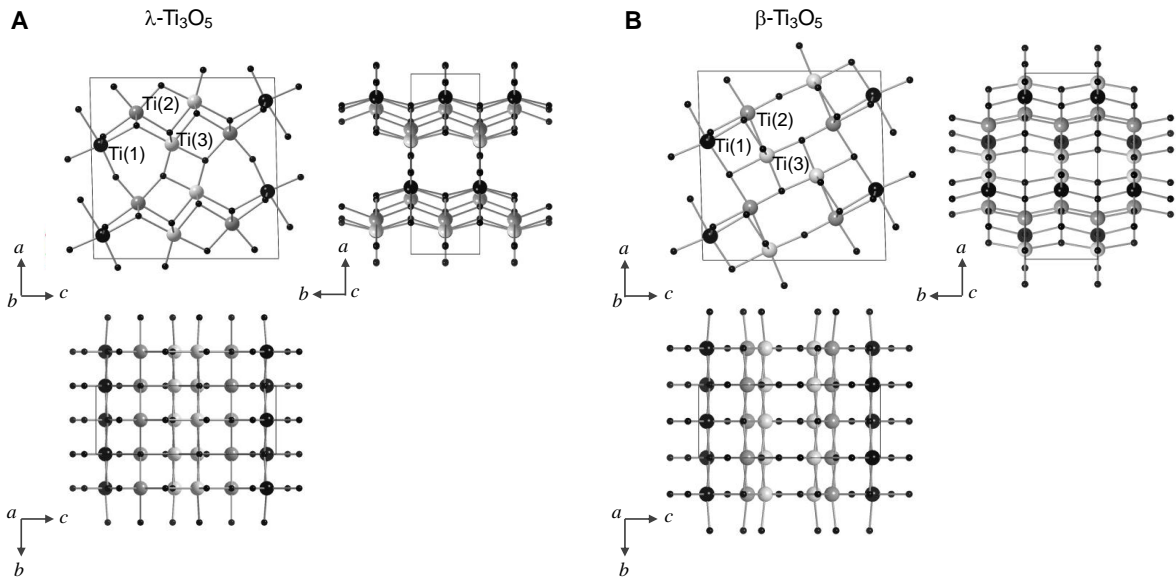
光触媒や白色塗料として用いられる二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) は  $\text{Ti}^{4+}$  と  $\text{O}^{2-}$  から構成されているが、スピン ( $S=1/2$ ) を持つ  $\text{Ti}^{3+}$  を含む酸化チタンの三酸化二チタン ( $\text{Ti}_2\text{O}_3$ )、五酸化三チタン ( $\text{Ti}_3\text{O}_5$ )、七酸化四チタン ( $\text{Ti}_4\text{O}_7$ ) などは黒色を呈するため、黒色酸化チタンと称される場合がある。これまで黒色酸化チタンの研究は、バルク体かあるいは単結晶に関する研究が主流で、ナノ微粒子の物性に関する研究例および開発例はほとんどなかった。我々は、本研究課題において  $\text{Ti}^{3+}$  を含む黒色酸化チタンナノ微粒子の化学的合成を行い、 $\text{Ti}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ti}_3\text{O}_5$ 、 $\text{Ti}_4\text{O}_7$  のナノ微粒子の合成に成功し、合計 18 件(国内 8 件、海外 10 件)の特許出願を行った。その中でも  $\text{Ti}_3\text{O}_5$  をナノ微粒子合成することで、金属的伝導を示す新種の酸化チタン・ラムダ ( $\lambda$ ) 型- $\text{Ti}_3\text{O}_5$  を合成することができ、この  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  が室温で  $\beta$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  との間で光誘起金属-半導体転移を示す光誘起相転移材料であることを見出した。

$\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  は、逆ミセル法とゾルーゲル法の組み合わせた方法により合成した前駆体を高速遠心機で分離し、タンマン管式雰囲気電気炉にて水素雰囲気下にて焼成することにより得た。透過型電子顕微鏡 (TEM) 像より、 $\text{SiO}_2$  マトリックスに分散した  $21 \pm 11$  nm の  $\text{Ti}_3\text{O}_5$  ナノ結晶が観測され(図Ⅲ-2-④-10A)、



図Ⅲ-2-④-10 (A)  $\text{SiO}_2$  マトリックスに分散した  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  ナノ微粒子の TEM 写真. (B) フレーク型  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  ナノ微粒子の SEM 写真と TEM 写真.

X線粉末回折 (XRD) より、単斜晶 ( $C2/m$ ;  $a = 9.8378(5) \text{ \AA}$ ,  $b = 3.78674(11) \text{ \AA}$ ,  $c = 9.9707(3) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 91.257(3)^\circ$ ) の結晶構造であることがわかった (図III-2-④-11A)。この構造体は、既報の  $\text{Ti}_3\text{O}_5$  のいずれの結晶構造 ( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$  相) とも異なっていたため、この相を  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  と名付けた。一方、光触媒として用いられているアナターゼ型の  $\text{TiO}_2$  ナノ粒子 (大きさ= 7 nm) をタンマン管式雰囲気電気炉にて水素雰囲気下  $1200^\circ \text{C}$  で焼成した場合にも、この  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  が生成することを見出し、簡便かつ安価に量産できることがわかった。この焼成で得られた  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  は、 $25 \pm 15 \text{ nm}$  のナノ結晶が集積した  $2 \pm 0.5$



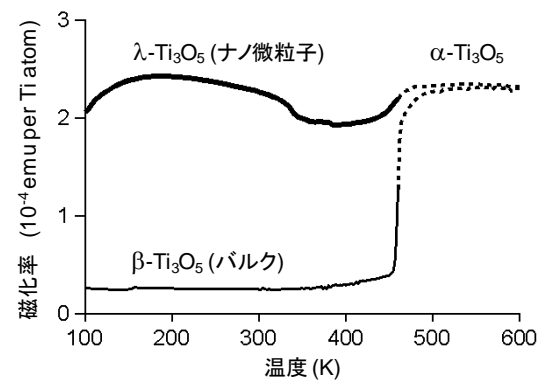
図III-2-④-11 (A)  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  と (B)  $\beta$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  の結晶構造図. 黒丸は Ti(1), 灰色丸は Ti(2), 白丸は Ti(3), 小さな黒丸は O を表わす.

$\mu \text{m}$  のフレーク型粉末であった (図III-2-④-10B)。XRD パターンの温度依存性より、 $460 \text{K}$  以上では、 $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  は  $Cmcm$  の結晶構造の  $\alpha$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  へと転移した。また、 $640 \text{K}$  まで加熱した後  $300 \text{K}$  まで冷却すると、 $\alpha$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  が  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  に戻ることを確認した。なお、示差走査熱量測定 (DSC) より、 $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  と  $\alpha$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  の間の相転移は、2 次の相転移であることが示唆された。

図III-2-④-12 に、フレーク型  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  の磁化率の温度依存性 ( $\chi$  vs  $T$  プロット) を示す。 $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  は測定温度全域で金属的伝導によるパウリ常磁性を示した。原子間力顕微鏡を用いた電流-電圧曲線より電気伝導度 ( $\sigma$ ) は  $3 \times 10^1 \text{ S cm}^{-1}$  であった。

また、顕微紫外可視近赤外分光光度計を用いた反射スペクトル測定から、 $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  は紫外から赤外の波長領域にわたり金属的吸収帯を示した。

本研究において、酸化チタンの水素還元時におけるナノサイズ効果によって生成した新種の  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  は金属的であり、半導体の  $\beta$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  との間で光可逆的に光誘起相転移することを見出した。この現象は熱力学的なエネルギーの極小にトラップされた  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  の特異な状態に起因する。金属酸化物において室温で光誘起相転移が観測されたのはこの  $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  が初めてである。また、 $\lambda$ - $\text{Ti}_3\text{O}_5$  は、実用の光記録システムのための動作条件を満たしている上に、安価に合成することが可能であり、次世代記録材料に



図III-2-④-12  $\text{Ti}_3\text{O}_5$  の磁化率の温度依存性. 外部印加磁場は  $5000 \text{ Oe}$ .

有望であると期待される。

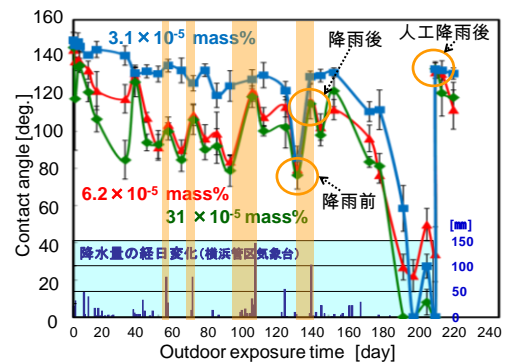
#### 4-4 酸化チタン光触媒を用いた撥水性表面の新機能開発

酸化チタン光触媒と撥水性表面を組み合わせることによる、新たな機能表面・システムの創製、およびそれらに繋がる新たな概念の獲得を目指して検討を行った。具体的な課題として「耐久性の高い超撥水材料の創製」「固液界面の流体の制御とその応用」を行うことを目指し、表面やシステム設計のためのパラメータの取得に主眼を置き、主に(1)超撥水表面の構造と水中での空気相保持能力や耐摩耗性との関係の検討、(2)屋外耐久性に優れた高度撥水表面の設計指針の把握、(3)濡れ性の異なる各種固体表面と液体との界面での流体の速度勾配の検討を行った。その結果、有機モノリスを基材とする材料に酸化チタンを組み合わせることにより「撥水性の修復機能を持つ高撥水性材料」が作製できることを見出し、その設計に関する基本概念が確立できた。また酸化チタンの光誘起親水化により、固液界面の渦の発生が抑制され、層流を示す流速域が拡大して水の流動抵抗が低下することを見出した。

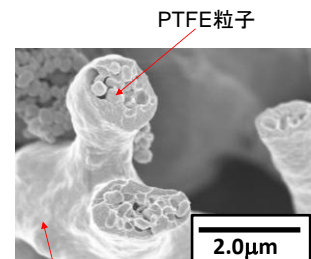
高撥水性材料について、屋外耐久性を評価したところ、接触角が著しく増減したが、この接触角の回復のタイミングは、降雨の時期とほぼ一致した(図Ⅲ-2-④-13)。降雨前の評価サンプル表面は、紫外線による劣化や光触媒の酸化分解反応により、表面のモノリス構造が著しく破壊されたていたが、降雨後には、この表層部分が剥離され、暴露前と同様なモノリス構造が出現していた。つまり、降雨により表層の劣化した部分が洗い流され、新鮮なモノリス構造を露出させることができたことから、接触角が回復したと思われる。210日経過後の評価サンプルを人工降雨にさらした際には、その接触角をほぼ初期値まで回復させることができ、新陳代謝機能を材料に盛り込みことができる可能性が示唆された。

モノリス構造はエポキシ樹脂で作製されていることから、親水性である。このためモノリス構造が物理的に破壊された場合、親水部が露出するため、初期の接触角 140° を維持することは困難であり、屋外暴露において接触角がハンチングする現象が見られた。フッ素ポリマーでコートされていない部分(モノリス構造自体)の撥水性を向上させるため、モノリス構造の内部に PTFE 粒子を含有させたところ、撥水性の低下が抑制できることを見出した。屋外暴露試験では、8 カ月以上経過しても接触角の低下は見られなかった。

評価サンプルを UV 照射と人工降雨による乾燥湿潤雰囲気により繰り返し曝すことで、約 1 年間の劣化を 1000 時間で再現する耐候促進試験を行ったところ、バルク材料において、最終的に 6 年相当の耐久性が確認できた。またこの材料は SUS・素焼きタイル・塩化ビニール表面上に、ディップコーティングすることができ、ケトン系の溶剤で適切な粘度まで原液を希釈することで、スプレー塗布も可能であることを明らかにした。更に色素の添加により着色を行うこともできた(図Ⅲ-2-④-15)。



図Ⅲ-2-④-13 作製した試料の屋外暴露における接触角変化。数字は酸化チタンの含有量。降雨のタイミングで接触角が回復することが判る。



有機モノリス(エポキシ樹脂)  
図Ⅲ-2-④-14 PTFE を含有した高撥水材料の微構造



図Ⅲ-2-④-15 スプレーコートで得られたコーティング膜。基材：セラミックス板。膜厚 200 μm

一方この材料の接触角は140°以上あるものの転落角が高く、このことが実用上の問題点となっていた。この材料にシリコンオイルを含浸させたところ、一部の固体-気体界面が、固体-オイル界面に変換され、水滴除去性能が大幅に向上した。この材料はナノレベルの共連続体の細孔を持ち、オイルは試料に保持され、傾けても流れ出ることがない。表面に傷が入っても液体の粘性流動で直ちに修復される特徴を持ち、これまでにない新しい概念の、固体-液体複合材料となった。現在この材料は、NEDO 参画企業を含む複数の企業からサンプル供与の依頼を受けている。

光触媒が内壁に設置された円管内の圧力損失は、円管全体に紫外線を照射した場合には低下することが明らかにされていたが、一部を遮光して「疎水⇒親水⇒疎水」というように円管内の濡れ性を変化させると、固液界面の速度が変化すること（特に、親水領域から疎水領域に差し掛かる際の制動）で効果的に擾乱が生成され、円管に紫外線が照射されていない疎水状態よりも乱流状態になりやすいことを明らかにした。層流に入り易いマイクロ流路の内壁に光触媒を設置し、全面に光照射した前後と部分的に光照射した際の流動状態の変化を捉えるために、2つの流路から水と色素（メチレンブルー）を送液し、合流後、一様に混合するまでの距離を計測することで、それぞれの流動状態の変化を評価したところ、マイクロ流路では、蛇行を繰り返すことで混合を促進させるが、直線部分に光照射し、蛇行させる部位を遮光した際に、混合するまでの距離が著しく短くなることを明らかにした。熱交換及び攪拌については、乱流（乱れた流れ）が優位であることから、この成果により、光制御による効果的な水冷機構を提案できる可能性を提示できた。

研究開発項目⑤光触媒新産業分野開拓

5-1 VOC等の除去システムの構築

○株式会社ホクエイ

1. 研究開発内容

① 研究開発の目標

10面体酸化チタンなどの採用により、排トルエン濃度30ppmを処理する装置のさらなる高活性化を目指し、具体的には25.8m<sup>3</sup>気密室での現在の最高活性値4ppm/hである2009年12月に発表した六角筒288W型より1.4倍の活性値5.6ppm/hとなる性能を得ることを研究開発の目標とする。

② 研究開発の日程

表Ⅲ-2-⑤-1

| 年度                     | H19年度 | H20年度 | H21年度 | H22年度 | H23年度 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 研究<br>開発項目             |       |       |       |       |       |
| VOC測定用恒温・恒湿実験施設による基礎試験 |       |       |       |       |       |
| 基礎試験装置(単段)             | ↔     |       |       |       |       |
| 循環試験室                  | ↔     |       |       |       |       |
| 基礎試験・フィルター             |       |       |       |       |       |
| 性能評価+光源性能評価            | ↔     | ↔     | ↔     | ↔     | ↔     |
| データ解析                  | ↔     | ↔     | ↔     | ↔     | ↔     |
| 連続評価試験                 |       |       |       |       |       |
| 連続試験装置                 |       | ↔     |       |       |       |
| 放出型試験室                 |       | ↔     |       |       |       |
| 連続試験・測定                |       | ↔     |       |       |       |
| データ解析                  |       | ↔     |       |       |       |
| 実証評価試験                 |       |       |       |       |       |
| 実証試験装置(多段)             |       |       | ↔     |       | ↔     |
| 実証試験・測定                |       |       | ↔     |       | ↔     |
| データ解析                  |       |       | ↔     |       | ↔     |
| 抗菌・抗ウイルス効果の確認          |       |       |       |       |       |
| 抗菌効果の試験・測定             |       |       | ↔     | ↔     | ↔     |
| 可視光型光触媒を用いた<br>気体処理装置  |       |       |       |       |       |
| 試験装置                   |       |       | ↔     |       |       |
| 実証試験・測定                |       |       | ↔     |       |       |



|                              |  |  |  |    |    |
|------------------------------|--|--|--|----|----|
| フィルター洗浄装置<br>試験装置<br>実証試験・測定 |  |  |  | ←→ | ←→ |
| 可視光光触媒併用試験<br>試験・測定          |  |  |  | ←→ | ←→ |

## 2. 研究開発成果

### ① 平成 19 年度の成果及び到達度

平成 19 年度は、一定環境を有する VOC 測定用恒温・恒湿実験施設と、恒温・恒湿実験施設に設置予定の循環試験室を製作し、小型の基礎試験装置を製作した。

#### a) 試験室及び試験装置

下記の VOC 測定用恒温・恒湿実験施設を設置した。



VOC 測定用恒温・恒湿実験施設内部

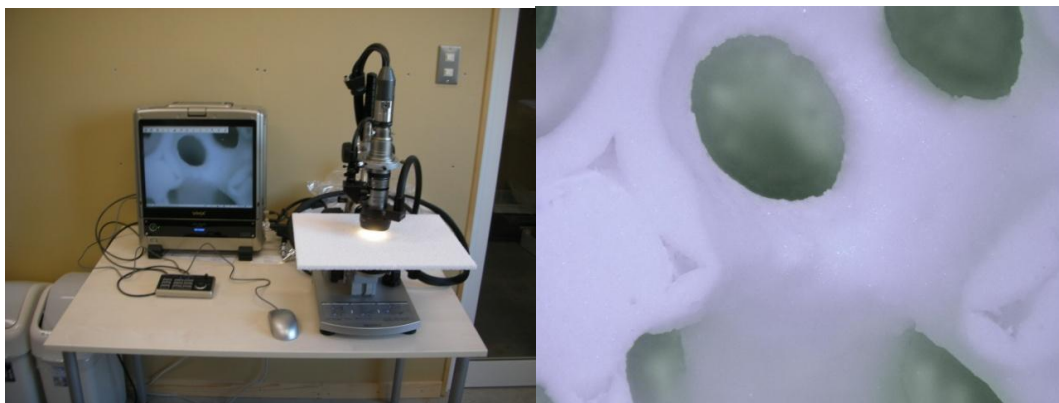


←循環試験室

図Ⅲ-2-⑤-1

b) 光触媒フィルターの開発

下記のフィルター表面観察を実施した。



図Ⅲ-2-⑤-2 マイクロスコープによる観察

拡大写真 (×100)

② 平成 20 年度の成果及び到達度

平成 20 年度は、改良型の基礎試験装置を連続運転し、それにより連続評価試験を行なった。



図Ⅲ-2-⑤-3 基準機 (基礎試験装置)

平フィルター型浄化装置

3 6 Wコンパクトブラックライト×6本=2 1 6 W

光触媒フィルター；F P - 6 (昭和タイタニウム(株)製)

VOC 分解試験結果

1) アセトアルデヒド分解試験

F4・F6 (昭和タイタニウム(株) 担持セラミック光触媒フィルター (盛和工業(株)) により、アセトアルデヒドの完全分解を確認できた。CO<sub>2</sub> が 100%発生した。

F6 は、F4 の 1.7 倍の活性向上が見られた。

2) トルエン分解試験

F4・F6 (昭和タイタニウム(株) 担持セラミック光触媒フィルター (盛和工業(株)) により、トルエンの完全分解を確認できた。CO<sub>2</sub> が 100%発生した。

F6 は、F4 の 2.1 倍の活性向上が見られた。

③ 平成 21 年度の成果及び到達度

3) 3種類の装置による活性を調査

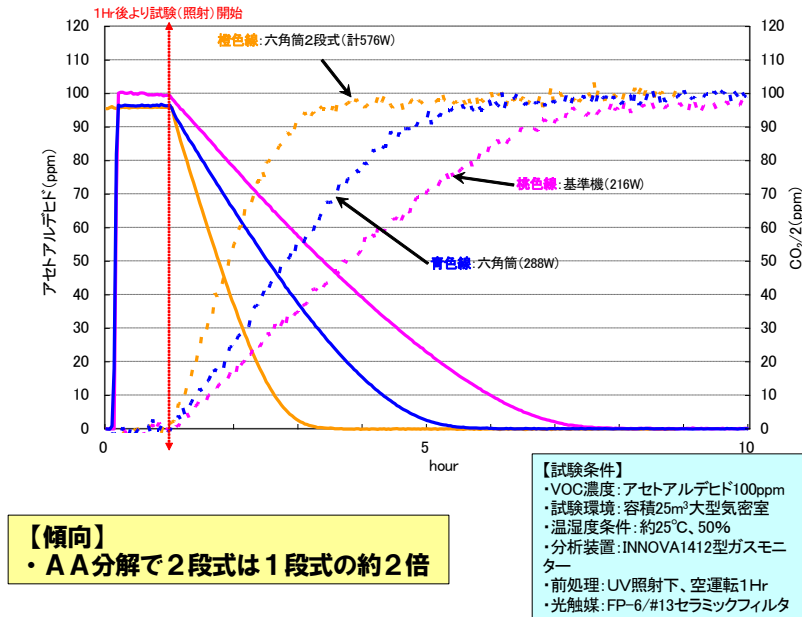


図 III-2-⑤-4

また、紫外線光源の本数、光触媒フィルターの数を減らした試験装置により、実環境を想定した実証評価試験を行なった。

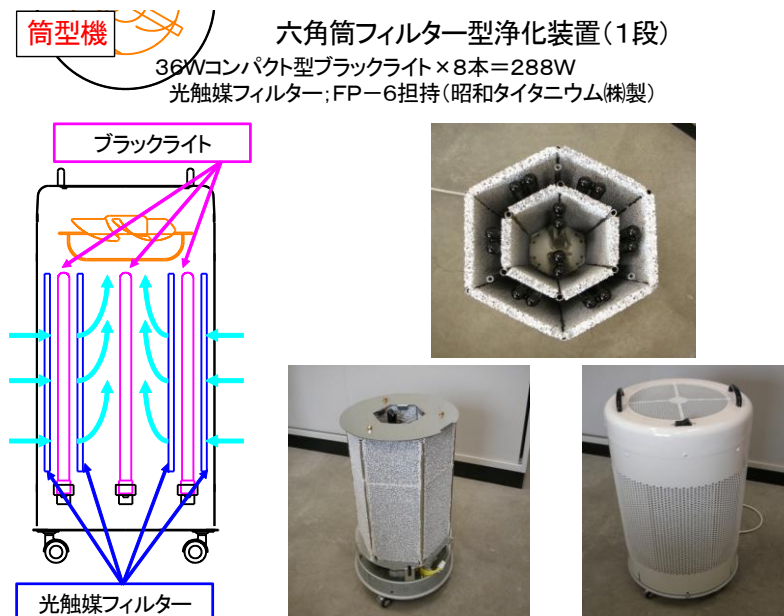
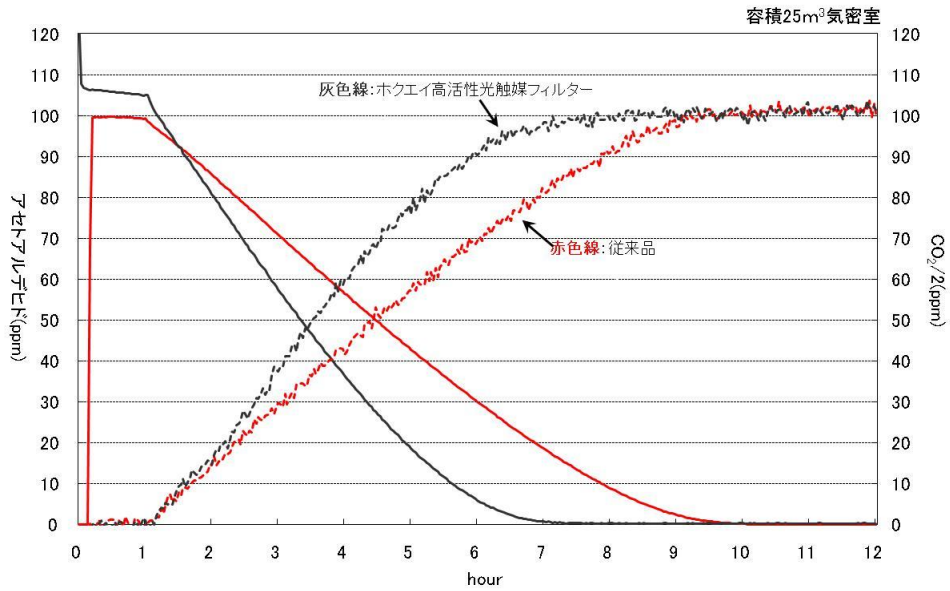


図 III-2-⑤-5

④ 平成 22 年度の成果及び到達度

1) 高活性光触媒フィルターの開発

実証試験システムによる活性試験 従来品の約 1.3 倍の活性  
プロジェクト標準酸化チタン：F P-6（昭和タイタニウム(株)製）



図Ⅲ-2-⑤-6

2) 省電力大型（新型）試験装置開発（平成 22 年 1 1 月製作）

・ 単段型



図Ⅲ-2-⑤-7

上記の六角筒フィルター型の試験装置を開発した。

**研究開発内容**

**1. VOC（揮発性有機化合物）の分解除去**

中濃度 VOC 除去としては TVOC で 100ppm（トルエン換算）99%除去を目標に

低濃度～超低濃度 VOC の除去としては TVOC で 1ppm（トルエン換算）を 1ppb まで除去を目標に  
新型環境浄化装置の製作を行った

可視光型光触媒を用いて、紫外光型光触媒と同様の分解かつ省エネルギータイプを目標に新型環境  
浄化装置の開発を行った

**2. 除菌（殺菌・滅菌）を中心としたクリーン空間作り**

感染ルートとされるもののうち飛沫感染、飛沫核感染を防ぐことを目標に

光触媒技術を用いた抗菌、抗ウイルスシステム開発を行った

**研究開発成果**

**1. VOC（揮発性有機化合物）の分解除去**

**1-1-1 VOC(中濃度域)分解除去装置**

中濃度域(100ppm)程度での光触媒の分解除去を評価するために 500L/min 以下の流通系 (One Path) 試験器を用いて各種フィルターの分解能力を評価した。

フィルターで性能確認

実験条件は

導入トルエン濃度 100ppm 光量 約 10mW/cm<sup>2</sup>×2 流速 500ml/min

温度 22～25℃ 湿度 30～55% 測定器 Innova 1312(光音響式ガスモニター)

これによって、「平成 19 年度～21 年度の開発目標」である除去率 99%以上の可能性を確認した

表Ⅲ-2-⑤-2

|      | 平均値   | 最大値   | 最小値   |
|------|-------|-------|-------|
| 触媒 A | 98.2% | 99.7% | 92.3% |
| 触媒 B | 96.5% | 99.7% | 91.4% |
| 触媒 C | 97.7% | 99.3% | 95.1% |

### 1-1-2 VOC(低濃度域)分解除去装置

低濃度域(1ppm)程度での光触媒の分解除去を評価するために当社の実器を用いて流速 1.0m/s 程度での分解能力を評価した。

#### I 装置製作・改良

当社機を用いて空気入出口で測定。空気入出口に試料導入用のアタッチメントを製作し試験に供した。

#### II 既存フィルターでの性能確認



#### 実験条件

- ・ 導入トルエン濃度 (初期濃度) 1.5~1.9 ppm
- ・ 触媒段数 5段 ・ 光触媒 (ST-1 タイプ)
- ・ 通過回数 1回 (ワンパス) 流速 0.6m/s
- ・ 温湿度(出口) 温度: 20~25℃ 湿度 25~40%

| 流速<br>(m/s) | 初濃度 $a_1$<br>(ppm) | 5段通過後<br>の濃度(ppm) | 段数<br>(段) | 1段あたりの<br>除去率(%) | 除去率   |
|-------------|--------------------|-------------------|-----------|------------------|-------|
| 0.6         | 1.59               | 0.58              | 5         | 18.4%            | 63.8% |

この結果からこの程度の濃度のトルエンを

80%除去するのに 7.9段 必要

90%除去するのに 11.3段 必要 であることがわかった。

以上より、新規フィルターを実機に導入することによって、低濃度~超低濃度 VOC の除去としては TVOC で 1ppm (トルエン換算) を 1ppb まで除去する目標が達成できた

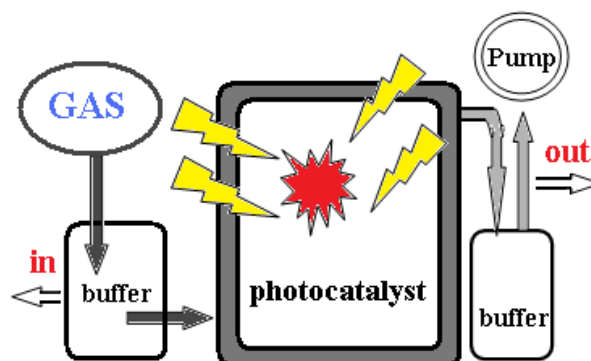
### 1-1-3 PFC ガス試験装置

#### 装置製作・改良

500L/min 以下の流通 (One Path) 試験器を用いて、光触媒の分解効果を測定した

また、流量変化に追従するために、バッファー(緩衝容器)を経由し計測に供した

排ガスの HF はガラスと反応するため  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  で処理するための装置を改良し測定に供した。



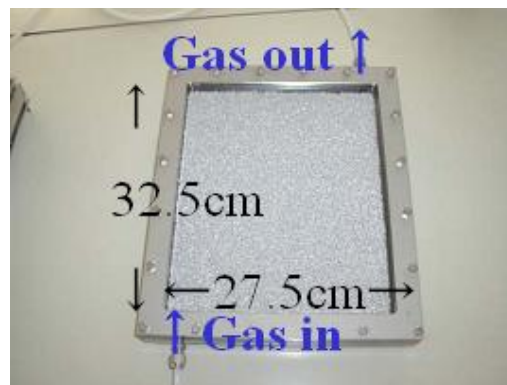
図Ⅲ-2-⑤-8 測定の流通(One Path)経路概念図

### 実験装置の概要

- ・光源：水銀灯 光量：平均約 10mW/cm<sup>2</sup> ガラス越し(約 15~5mW/cm<sup>2</sup>) × 2 灯
- ・反応器 照射面積 893.75cm<sup>2</sup> 体積 1341cm<sup>3</sup> 流通速度 50~500ml/分



図Ⅲ-2-⑤-9 500L/min 以下の流通 (One Path) 試験器



図Ⅲ-2-⑤-10 反応器

### 性能確認

既存フィルターを用いて PFC ガス (CF<sub>4</sub>) の分解を測定した (結果は下記「新規フィルターでの性能確認」にて併せて報告)

#### 新型フィルターでの性能確認

実験条件は

導入 CF<sub>4</sub> 濃度 100ppm 光量 約 10mW/cm<sup>2</sup> 排ガスは Ca (OH)<sub>2</sub> で処理後測定

表Ⅲ-2-⑤-3

| 流量<br>(ml/min) | 線速度<br>(秒) | 触媒A   | 触媒B   | 触媒C   |
|----------------|------------|-------|-------|-------|
| 50             | 1609       | 68.0% | 68.6% | 71.9% |
| 150            | 536        | 50.0% | 45.1% |       |
| 250            | 322        | 38.1% | 25.3% | 24.2% |
| 350            | 230        | 24.0% | 13.0% | 12.5% |
| 500            | 161        | 14.2% | 9.2%  | 7.1%  |

フロン分解については 50ml/分の流通で約 70%以上という結果になった

これによって、「平成 19 年度~21 年度の開発目標」である除去率 60%以上の可能性を確認した

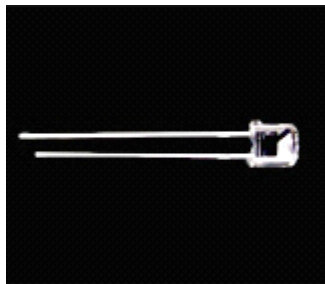
#### 1-2-1 紫外放射 LED 照明 照射評価試験

- ・現状の蛍光管タイプの光源は寿命も長くはなく廃棄ランプの問題もあるため環境負荷低減のため他の光源の使用を検討した

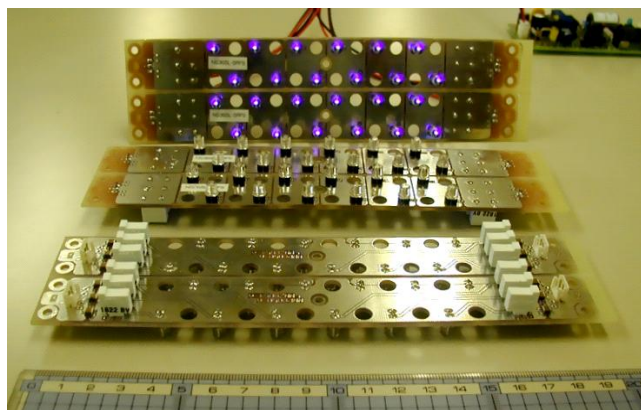
自社で紫外放射 LED 装置試作し、試験に供することとした。

375nm UV-LED 砲弾型  $\phi 5\text{mm}$  を使用

出力  $11\text{mW}/\text{cm}^2$



図Ⅲ-2-⑤-11



基板に通風穴を設け冷却

紫外線強度計で測定 ⇒ 紫外線蛍光灯の約半分

今後は、性能確認試験（出力・分解能・寿命など）を行いつつ、新発売の高輝度 UV-LED (20mW) で試作した。

⇒ 試作後、性能が良好だったので実証実験の実験機に搭載した。

### 1-3-1 可視光応答型光触媒担持のフィルター製作

可視光応答型光触媒の大量生産に目処がついたことから可視光応答型光触媒担持のフィルターを開発した

光触媒フィルターを開発する基本要素を考慮しながら最も効果的なフィルターを作成するための因子（パラメータ）を見つけ出すこととした。

### 1-3-2 流通式による試験

準拠試験方法 JIS R1701 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を準拠



図Ⅲ-2-⑤-12 写真 流通式実験機

- ・試験用ガス流量  $1.0(\text{m}/\text{s})$
- ・試験片  $5.0 \times 5.0(\text{cm})$
- ・評価 試験片によるアセトアルデヒドの除去率 (10ppm)
- ・測定装置 光音響マルチガスモニター (1パラメータにつき3検体)



### 1-3-3 まとめ

(流通系 アセトアルデヒド分解で)

ある焼成温度、ある焼成時間が活性・耐洗浄性の点で最も効果的であった

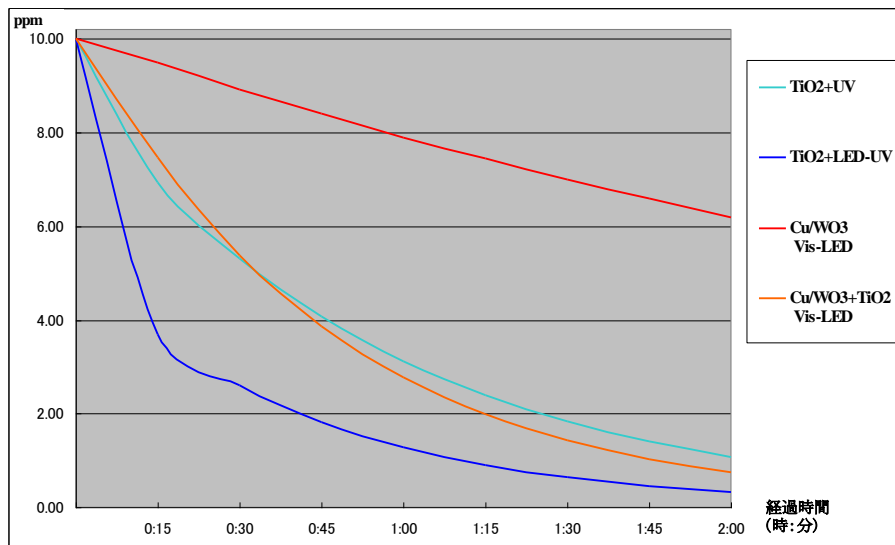
### 1-3-4 Cu/WO<sub>3</sub>にTiO<sub>2</sub>を混合したハイブリッド化可視光型光触媒

TiO<sub>2</sub>を混合することにより可視光において活性が上昇した。



図Ⅲ-2-⑤-13 写真 可視光LED搭載機

### 1-3-5 結果



図Ⅲ-2-⑤-14

可視光型は紫外光型には及ばなかったが、ハイブリッド化可視光型では分解能力が向上し紫外光型+UV蛍光管タイプより良かった

以上により可視光型光触媒を用いて、紫外光型光触媒と同様の分解かつ省エネルギータイプを目標が達成された。

## 2 除菌（殺菌・滅菌）を中心としたクリーン空間作り

光触媒技術を利用して予防しなければならない細菌・ウイルスの感染ルートとしては、大きく考えて3つあり

- ① 飛沫核感染（空気感染、塵埃感染）
- ② 飛沫感染
- ③ 接触感染（直接感染）

と分けられるが、いずれも対策として高性能空気浄化システムが必要となる。

### 2-1-1 ウイルス不活性化評価実験機の開発

光触媒フィルターの能力評価をするには専用の評価実験機が必要となる。

そこで、集中研、KAST、弊社 とアドバイザーとして新日本空調殿と共同で、評価実験機の必要コンセプトを考え、できるだけ整流で高性能空気浄化システムに必要な風速 2.0m/s 以上の評価実験機を開発した。



図Ⅲ-2-⑤-15 （写真）ウイルス不活性化評価実験機の外観図

除菌・抗ウイルスの能力については、「平成 19 年度～21 年度の開発目標」では社内評価での空気中の細菌の除去率：99%以上としていたが、評価方法が明確でなかったため評価が遅れていたが、本装置によって除去率など客観的な評価ができる状況を確保した。

### 2-2-1 一般雑菌での除去試験

病院、福祉施設等での実空間における実証実験をおこなう前に、弊社の製品での一般雑菌での除去能力の評価を実施した。

理想空間として、恒温・恒湿のチャンバーに実機をいれ、他からの雑菌の影響を受けない空間で、流量（ワンパス）で外部から雑菌を導入しフィルターで処理後に試料を捕集し性能を評価した。

その結果 3回平均で82.4%の除去率であった。



図Ⅲ-2-⑤-16 測定機器 RCS スタンダード (Biotest 社)

表Ⅲ-2-⑤-4 測定結果ならびに除去率

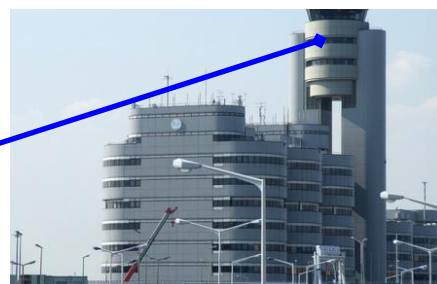
| 試験 No.         | 1     | 2     | 3     |
|----------------|-------|-------|-------|
| 中性能 Filter の有無 | なし    | なし    | なし    |
| 入口細菌コロニー数      | 327   | 405   | 566   |
| 出口細菌コロニー数      | 54    | 70    | 107   |
| 残存率 (%)        | 16.5% | 17.3% | 18.9% |
| 除去率 (%)        | 83.5% | 82.7% | 81.1% |
| 平均除去率 (%)      | 82.4% |       |       |

### 2-2-2 実空間での除去試験

人間が実際に活動している実空間として 東京国際空港第一庁舎8階 東京国際空港管制塔にあるブリーフィングルームに実機を3台設置して、空間中の一般雑菌の測定を空気浄化システムの稼動前後で測定した。



図Ⅲ-2-⑤-17(写真) 東京国際空港管制塔 および実機設置状況



表Ⅲ-2-⑤-5 測定結果ならびに除去率

| 経過時間 | 細菌コロニー数<br>(装置上部) | 減少率(%) |
|------|-------------------|--------|
| 稼動前  | 51                |        |
| 0分   | 78                | —      |
| 15分  | 9                 | 88.5   |
| 30分  | 14                | 82.1   |
| 45分  | 14                | 82.1   |

その結果 15分後で88.5%の除去率であった。

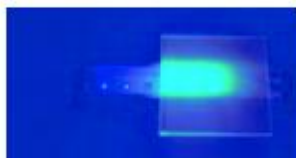
これらの結果から、光触媒を利用した弊社の空気浄化システムは一般除菌ではあるが低減効果が十分に確認された。先述の「ウイルス不活性化評価実験機」と併せて、新規フィルターを開発することにより、実空間での細菌の除去率が、「開発目標」を満足する可能性を確認した。

### 3. その他（アプリケーションの開発）

#### 3-1 紫外線放射 LED 装置試作

いままでは砲弾型φ5mmを使用した紫外線放射LED装置を製作して利用してきたが、まだ、価格が高価であることや新規開発の可視光応答光触媒材料に波長が対応できないことなどから、新規の放射LED装置を試作した。

- ① 高出力型チップタイプ UV-LED(365nm) 60チップ×2列出力10~43mW/cm<sup>2</sup>
- ② 超高輝度 LED UV-420nm (近紫外光) 低価格



図Ⅲ-2-⑤-18 写真 砲弾タイプ  
(以前)

超高輝度 LED  
UV-420nm(新規)

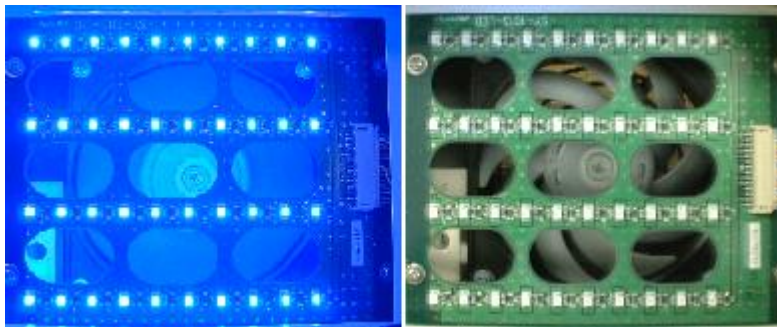
高出力型チップタイプ  
(新規)

これらを実機に搭載して効果の評価を行った。

現状の蛍光管タイプの光源は寿命も長くはなく廃棄ランプの問題もあるため環境負荷低減のため、これらの光源の使用は広がっていくと考えている。

### 3-2 可視光 LED 搭載環境浄化装置の試作

#### 3-2-1 可視光 LED 搭載機の作製

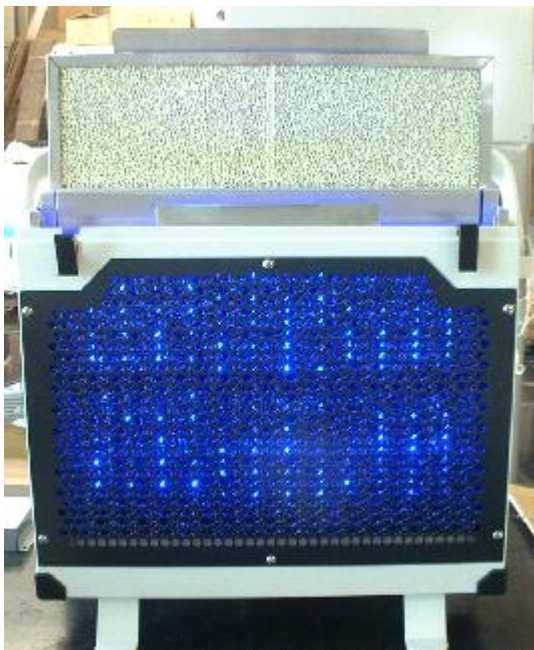


図Ⅲ-2-⑤-19 昭和電工様 超高輝度 LED (可視光 427nm) 低価格 ピーク波長 427nm

#### 3-2-2 新型環境浄化装置の製作

これまでの成果を集約して新型環境浄化装置の製作に取り組んだ

可視光 LED 搭載環境浄化装置の試作



図Ⅲ-2-⑤-20

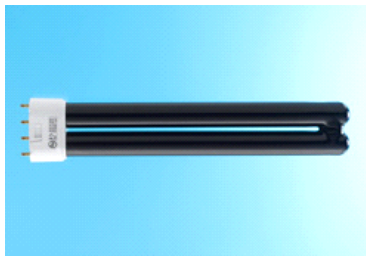
弊社製品 SSC-20idh 可視光型



図Ⅲ-2-⑤-21

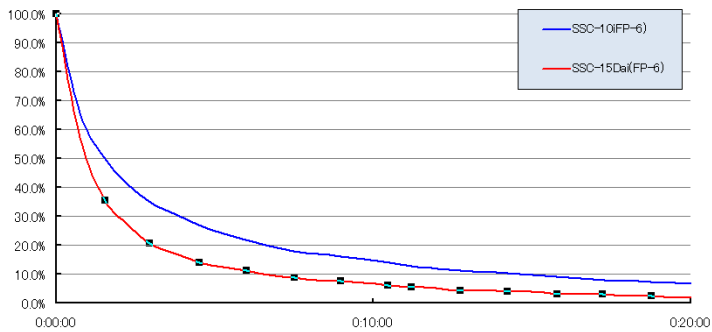
カウンター型(薄型)

### 3-3-1 高出力紫外線灯の利用した環境浄化装置の試作



図Ⅲ-2-⑤-22

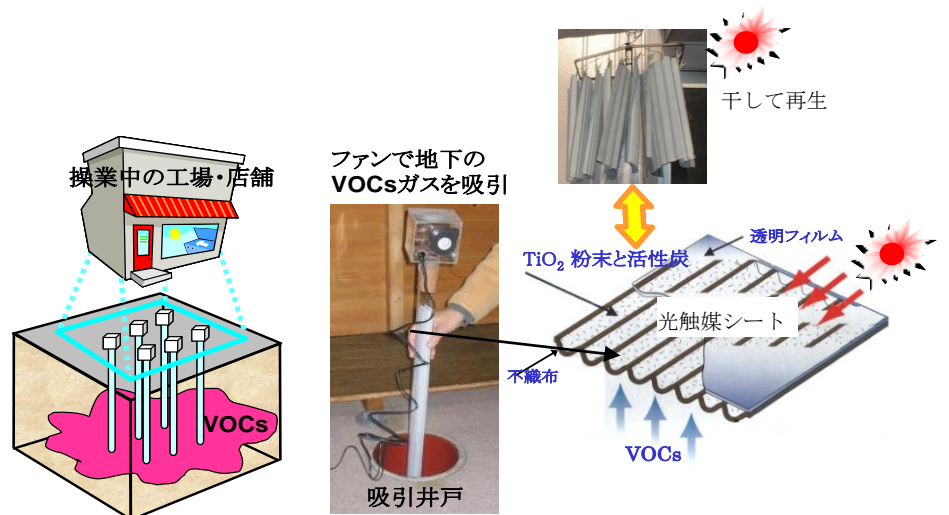
高出力紫外線灯の利用 ⇒ 実空間に適応した装置の開発  
高出力紫外線灯を用いた、中濃度 VOC 対応型環境浄化装置を作製した。  
実空間で試運転中を行った。⇒ 非常に短時間での分解が観察できた。



図Ⅲ-2-⑤-23 高出力紫外線灯の利用した環境浄化装置との比較  
(赤が高出力紫外線灯の利用した環境浄化装置 青は以前の弊社製品)

## 5-2 光触媒による土壌浄化システムの開発

光触媒シートを使って、トリクロロエチレン(TCE)やテトラクロロエチレン(PCE)に代表される揮発性有機塩素化合物(VOC)に汚染された土壌の浄化に取り組んだ。まず、光触媒シートは、酸化チタンと活性炭のそれぞれの粉末を適宜の配合比で混合したものをコルゲート状の不織布と透明フィルムの間に封入し、シート状にした橋本研究室開発品を用いた。地下のVOCガスをファンによって吸引し、光触媒シートに接触・吸着させ、次に、そのシートを取り出して太陽光に当てれば、すなわち天日干しすれば、シートに吸着したVOCは光触媒反応により二酸化炭素にまで分解し無害化されるというシステムとした(図Ⅲ-2-⑤-24)。



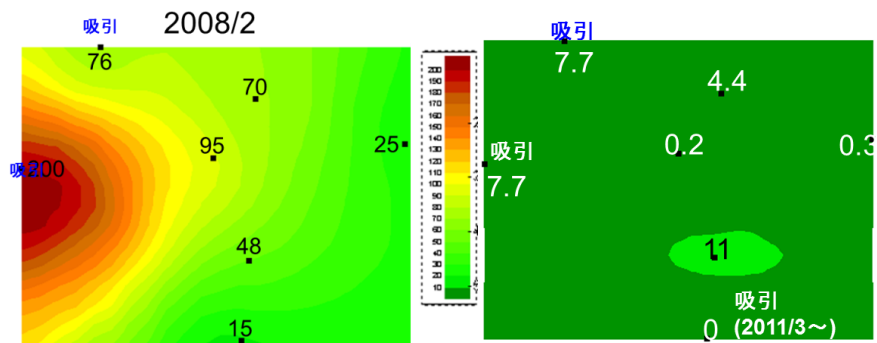
図Ⅲ-2-⑤-24 光触媒シートを利用した建物がある地下汚染土壌浄化システム

プロジェクトとして最終年度の浄化試験開始後4年目においても表層PCE濃度の低下が見られた。図Ⅲ-2-⑤-25に示したように、浄化前の濃度よりすべての観測地点で1/100~1/10の濃度まで低下していた。このことから、光触媒シートと自然エネルギーである太陽光を利用した簡易な原位置浄化システムを確立することができた。

さらに、本現場でのこのシステムにかかるコストを試算したところ、合計約200万円

強となり、土壌の掘削・入れ替えなどの浄化方法に比較し、店舗や工場などの現業を営業しながら非常に低コストで浄化ができることがわかった。大規模な浄化法ができない中小企業などで営業をしながら汚染サイトで、時間はかかるが、環境にやさしくさらに低コストで浄化を行うことができる浄化法のひとつとして、確立することができた。

図Ⅲ-2-⑤-25 試験開始前と4年間浄化後の表層PCE濃度分布環境基準値(0.01mg/L)



図Ⅲ-2-⑤-25 試験開始前と4年間浄化後の表層PCE濃度分布環境基準値(0.01mg/L)

5-3 ウイルス不活化システムの実空間における実証試験

可視光応答型光触媒製品の抗菌・抗ウイルス性能を中心に市場拡大をねらうとした場合、その性能評価を実空間で実証することがマーケット確保につながるの考えから、平成21年度から実空間での実証試験を実施した。抗菌・抗ウイルス効果が求められている場所といえば、病院や介護施設などの他に、海外からの侵入の水際となる港湾や空港もターゲットとなる。そこで、新千歳空港を対象に、光触媒空気浄化システム(盛和工業(株)製)を2階の出発ロビーを中心に設置し、抗菌性能評価を行った。同

時に、北海道空港(株)と東大集中研が共同研究契約を締結し、盛和工業(株)の他に、パナソニック(株) (荷物カートの手すりを対象)、TOTO(株) (トイレ空間を対象) も実空間での抗菌性能評価を行った。なお、盛和工業の空気浄化システムは、紫外光型 (光は紫外光 LED) が中心であり、パナソニック(株) のカートの手すりに貼付したフィルムは、可視光応答型光触媒である  $\text{Cu(II)/TiO}_2$  が用いられた。抗菌性能評価は、空気中や材料表面に存在する一般細菌数ならびにブドウ球菌 (*Staphylococcus* 属) のコロニー数の変化を調べることによって行った。なお、パナソニック(株)とTOTO(株)は、助成企業の立場で行っていたため、ここでは省略する。

(光触媒空気浄化システム)

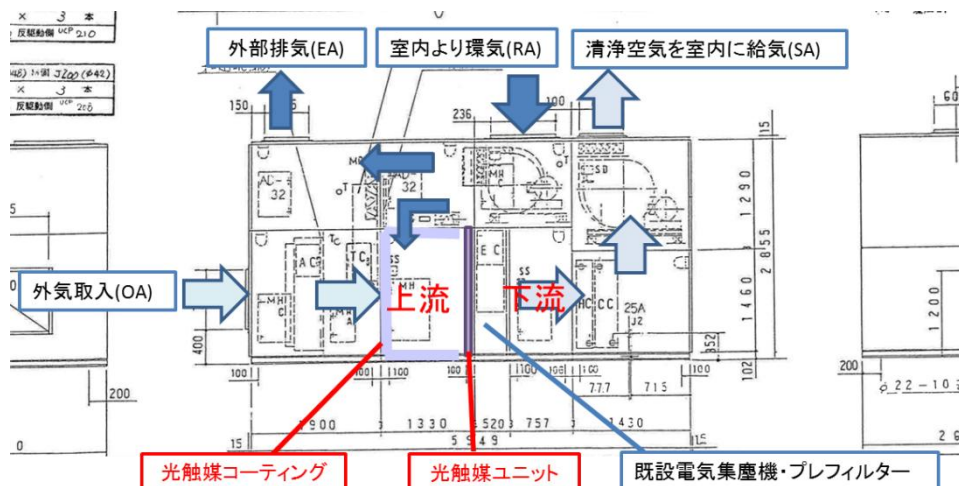
設置された浄化システムは、大きく2つに分けられた。ひとつは、大型空調機 (エアハンドリングユニット) 内の浄化装置であり、空港内へ清浄な空気を送り出すための対策である。2階ロビーに対応した15台について設置された。もうひとつは、2階ロビーの各所に設置された5種類の空気清浄機341台である。



光触媒プレフィルター

光触媒フィルムの貼付

光触媒アルミ板の設置後の様子

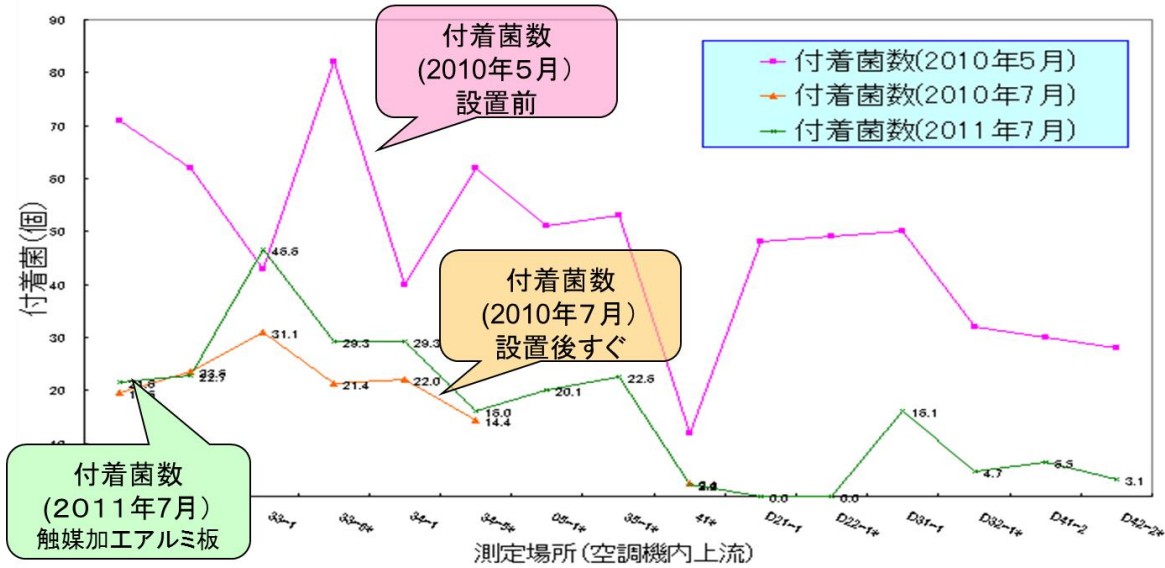


図III-2-⑤-26 エアハンドリングユニット内の浄化装置

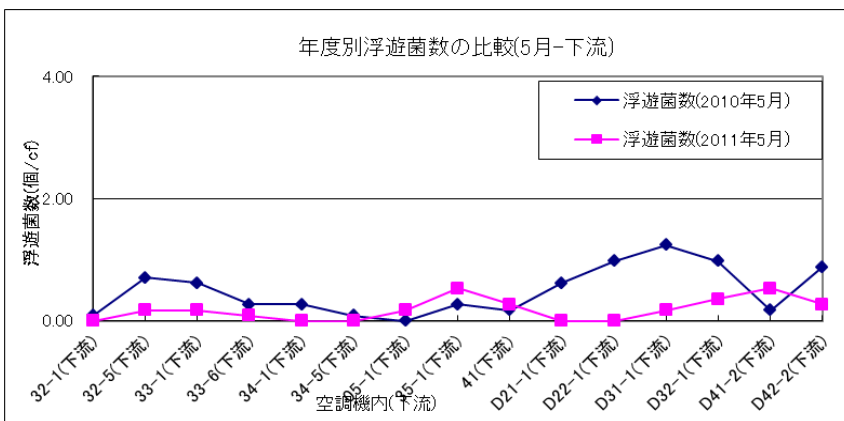
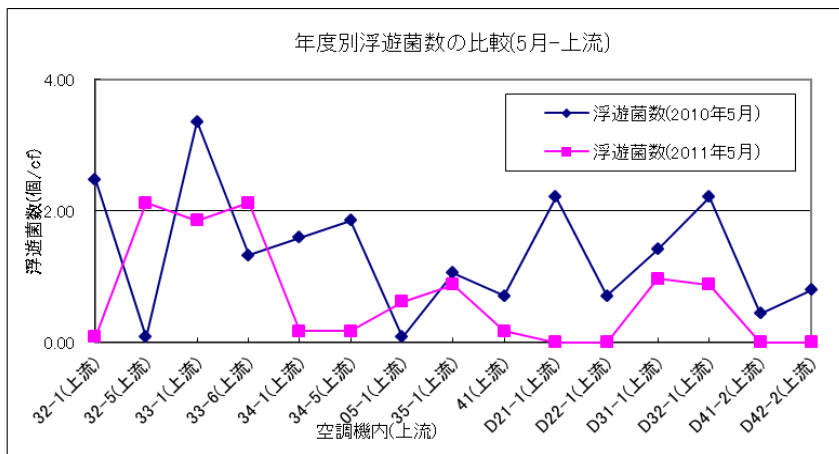


エアハンドリングユニット内の浄化は、付着菌対策として、ユニット床面、壁面に光触媒をコーティングしたフィルム（パナソニック製）を貼付したり、23年度には追加で光触媒コーティングしたアルミ板（昭和タイタニウム製）を設置した。同時に、浮遊菌対策として光触媒を担持した不織布プレフィルタを吸い込み口および電気集塵機上流側へ設置した（図Ⅲ-2-⑤-26）。

空調機内部における付着菌数の比較(空調機内上流)



図Ⅲ-2-⑤-27 エアハンドリングユニット内（上流）の付着菌数の推移



図Ⅲ-2-⑤-28 エアハンドリングユニット内の上流・下流での浮遊菌数

(上流では、付着菌が減少したことで浮遊菌として離脱する菌数も減少し、結果、浮遊菌も減少した。下流側では、ほとんど細菌が観察されなかった)

エアハンドリングユニット内の浄化装置を設置後の床・壁の付着菌、空気中の浮遊菌を評価したところ、付着菌に関しては、設置前に比べ減少し（図Ⅲ-2-⑤-27）、浮遊菌に関しても、空港内へ出て行く下流の空気（図Ⅲ-2-⑤-28）には、ほとんど細菌が観察されないくらいの清浄な空気質をつくり出すことができた。この結果から、実空間で光触媒反応による抗菌性能が確認できた。

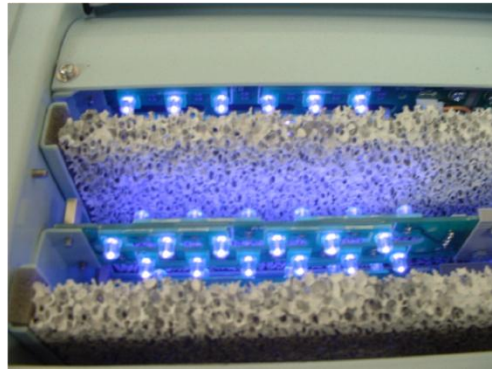
一方、2階ロビー各所に設置された空気清浄機は、図Ⅲ-2-⑤-29に示した5種類で計341台であった。設置場所については、気流シミュレーションなどにより効果的な設置場所の知見を得て、空港側の許可が得られる限り、それらの位置に設置するように努めた。



柱型



UV-LEDと光触媒フィルター

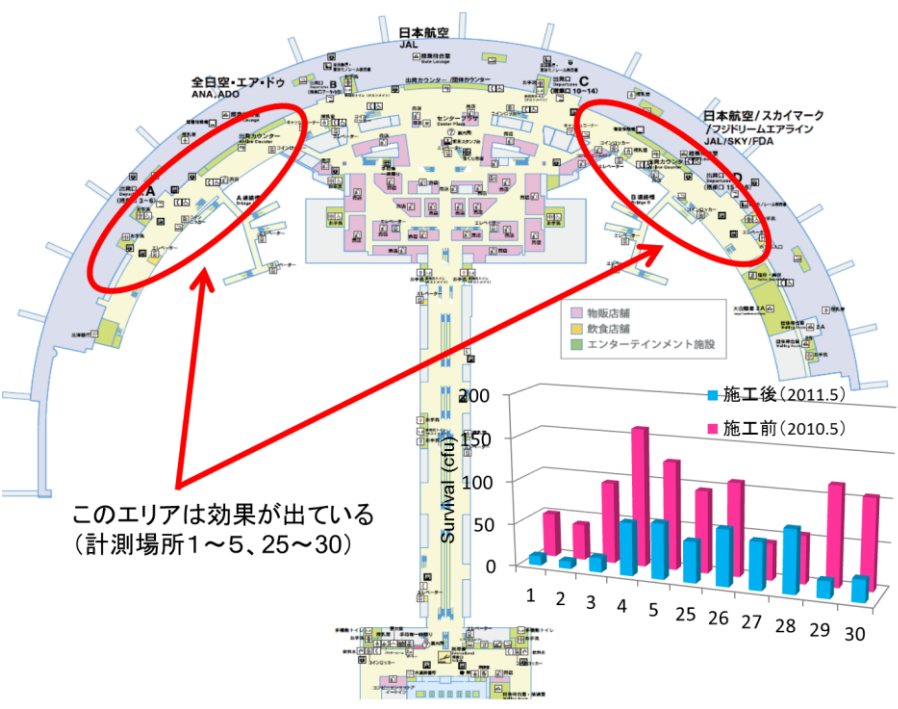


セラミックフィルターから不織布フィルターへ変更(23年度)→  
風量の増加



図Ⅲ-2-⑤-29 2階ロビーに設置された5種類の空気清浄機とその内部

結果についてであるが、環境測定と浮遊菌数の測定結果から、湿度と浮遊菌数との相関がみられ、湿度が45%以上になると、旅客数の多少に関係なく一気に浮遊菌数が増加することがわかった。湿度が45%以上となるのは、5月以降であった。浮遊菌の測定結果については、光触媒空気清浄機の設置前と設置後において、浮遊菌の減少が観察されたエリア(図Ⅲ-2-⑤-30)と減少が顕著に現れていないエリアが認められた。減少が観察されたエリアは、ある程度流入する空気量が限られ、それに対して空気清浄機がある程度



図Ⅲ-2-⑤-30 2階ロビーでの浮遊菌の観測結果

均一に設置され、浄化処理ができたためと考えられる。ロビーの中央付近（センタープラザ）は、吹き抜け空間のために、流入する空気量が多く、さらに人の滞留も多いため、設置された空気清浄機の台数では、処理能力が不足していたため、顕著な抗菌効果が現れなかったと示唆された。

次に病院での試験は、北里大学病院と横浜市大病院の2か所で実施し、プロジェクトメンバーであるTOTO(株)、パナソニック(株)、日本板硝子(株)、(株)積水樹脂技術研究所、盛和工業(株)各社が、同じくプロジェクトメンバーである昭和タイタニウムからプロジェクトで開発した高活性光触媒材料の供給を受けて試作した各種商材（TOTO:塗料、タイル、パナソニック：フィルム材、日本板硝子：板ガラス、積水樹脂：内装材、盛和工業：空気浄化システム）を現場に設置して行った。以下に代表的な結果を示す。

図Ⅲ-2-⑤-31に横浜市大病院の多目的トイレおよび男子トイレの壁面に高活性可視光応答型光触媒材料を用いた(塗料、タイル)現場の外観、図Ⅲ-2-⑤-32および図Ⅲ-2-⑤-33にそれぞれ小便器周辺の残留臭気、洗面台周辺の菌数の変化、を示す。今回の結果から、水回りの雑菌および小便器周辺の残留臭気が高活性可視光応答型光触媒材料の設置により顕著に減少していることが分かった。臭気の減少に関しては、光触媒タイルにより臭気のもととなる菌の繁殖を抑制することができ、それが防臭効果につながっているものと思われる。

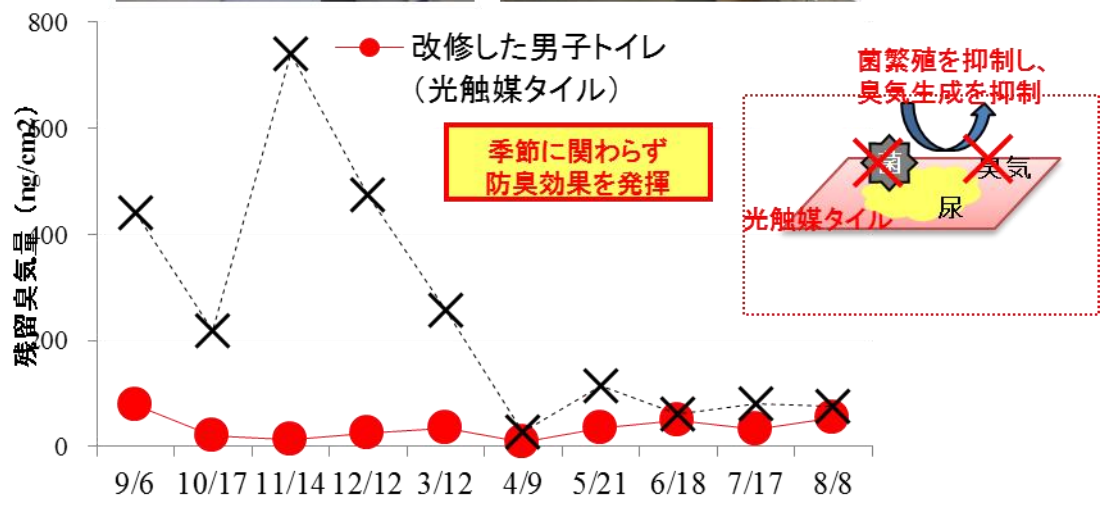
以上空港、病院いずれの実証試験からも高活性可視光応答型光触媒により実空間（屋内）での抗菌・抗ウイルス効果が検証され実用化の目途が得られた。今後は、各社事業化に向けた取組みを鋭意進めていく予定である。



図Ⅲ-2-⑤-31 横浜市大病院での実証試験現場の様子

小便器周辺

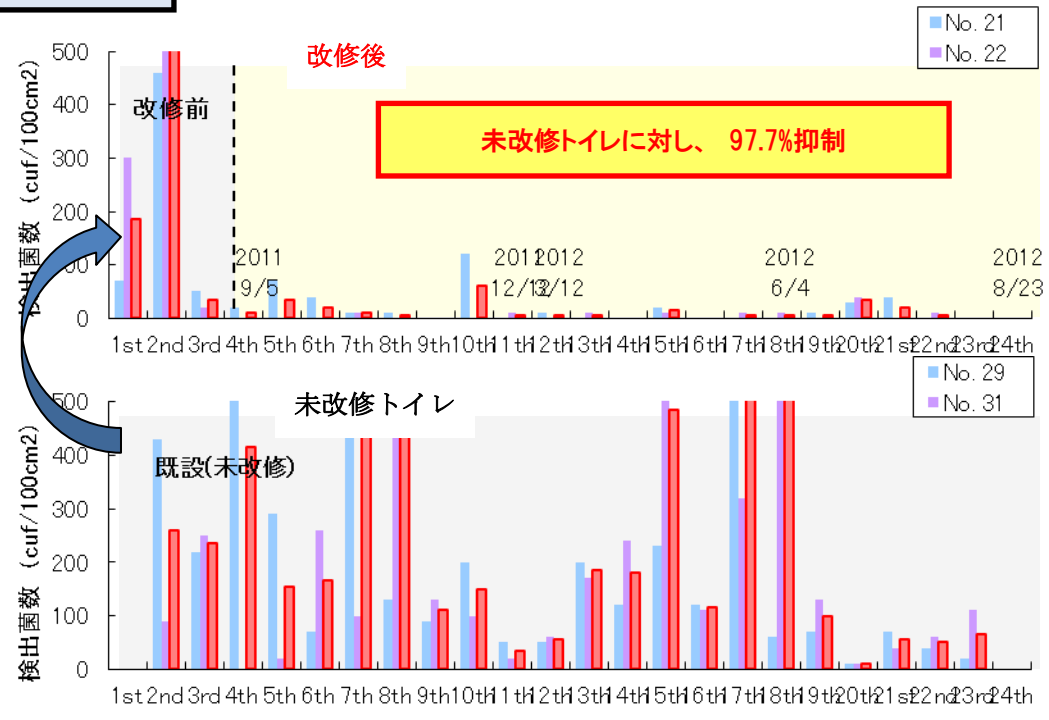
横浜市立大学付属病院(男子トイレ:床面)  
改修した男子トイレ(光触媒タイル) 既設男子トイレ(既設:長尺シート)



図Ⅲ-2-⑤-32 光触媒タイル設置による防臭効果

洗面台周辺

横浜市立大学付属病院 (多目的トイレ:壁面)



図Ⅲ-2-⑤-33 光触媒壁面塗装による検出菌数の変化

#### IV. 実用化、事業化の見通しについて

##### ①光触媒共通サイエンスの構築

なし。

##### ②光触媒基盤技術の研究開発

###### ○昭和タイタニウム株式会社

Cu/WO<sub>3</sub>については、現状、世界 No. 1 の可視光応答型光触媒であると自負している。既に、量産化可能であり、市場に供給が可能である。最終製品としては、可視光 LED を光源とした光触媒空気清浄機（盛和工業様）、光触媒コートした樹脂アルミニウム複合板（榊水樹脂技術研究所様）を共同開発中である。また、日本曹達様にてコート剤にさせていただいており、このコート剤を適用する製品を、今後増やしていきたいと考えている。また、Cu/WO<sub>3</sub>については、本プロジェクト内でのサンプル配布も早かったため、プロジェクト終了後、サンプルワークを自由に始めても良いということで、プロジェクト参画企業各社からご了解を頂いている。したがって、今後、本製品のサンプルワークを行っていき、適用製品の拡大に努めていく。平成 24 年中に最終製品の上市を見込んでおり、平成 25 年以降は適用製品が増えていき、それにしたがって、本材料の消費も増えていくと予想している。

価格面、耐アルカリ性の問題から、WO<sub>3</sub>系ではなく、TiO<sub>2</sub>系の材料での可視光応答型光触媒の高感度化が望まれている。集中研究室では、Cu/WO<sub>3</sub>と同等の VOC 分解性能を有する、Fe 修飾酸化チタンを提案している。当社にて、5L 反応器にて調製した Fe 修飾酸化チタンを、プロジェクト内で各社に配布したが、残念ながら、満足いく性能とは評価していただけなかった。本技術については、今後も東京大学橋本研究室との共同研究を継続する方針であり、高性能な可視光応答型光触媒の量産化技術の確立を目指す方針である。平成 25 年を目処に、VOC 分解性能において高活性な可視光応答型光触媒のサンプルワークを目指したい。

抗ウイルス性能に優れる材料として、Cu 修飾酸化チタンがある。これについては、適用技術開発について、プロジェクト参画部材メーカー様と、共同研究中である。一部の試作品について、実証実験で効果の検証も試みている。本材料については、このまま、部材メーカー様と共同研究を継続することとしている。適用技術に平成 24 年中に目処をつけ、プロジェクト外の企業にも紹介し、サンプルワークを開始する方針である。平成 25 年には、プロジェクト外企業での適用製品の上市を目指す。

十面体酸化チタン微粒子については、パイロットプラントも完成し、稼動もしており、ある程度の量産性は確認できたが、残念ながら、まだ生産性が低く、事業化の目処は立っていない。しかしながら、サンプルを提供できるレベルには到っているため、サンプルワークによって、優れた光触媒活性を活かす用途開発を行うと同時に、生産性の向上を目指した検討を継続していく。平成 24 年には、用途において技術的な優位性を明らかにしたい。平成 25 年には、生産性を向上させ、販売できる姿を目指す。

###### ○三井化学株式会社

研究開発の成果を企業化に結びつけるには、主な用途先である 2 つの分野へ適用することが重要と考えている。1 つは、抗菌・抗ウイルス性能を付与する内装建材分野、2 つ目は、VOC や臭気ガスなど有害物除去を主な目的とした浄化機フィルターの分野である。

企業化のための課題は、内装建材分野においては、建材表面の意匠性を損なわない光触媒加工、すなわち、基材表面の透明性を確保した表面コーティング加工技術が求められていることから、光触媒粉をスラリー化して微粒子状に分散できる分散安定性、および、加工による光触媒機能の低下抑制の両立である。浄化機フィルター分野においては、意匠性は問われないが、無害化したい VOC や臭気ガスに対して有効性を最大限に引き出すことである。

これらの課題は、引き続き応用製品メーカーとのコワークにより解決を図り、応用製品メーカーへの触媒粉、触媒分散液の供給を実現することで、企業化を図っていく予定である。

○日本板硝子株式会社

現時点でのゾルゲル方式に関する研究開発の成果は、UV型光触媒材料（コート液）を用いた大面積成膜技術（工業プロセス）での成果となり、今後は既存の光触媒製品を始め、可視光応答型材料への適用が可能であると考えられる。その結果、初期段階から定量的な生産条件の把握が可能となり、生産性の高い製造技術の確立がスピードを持って実施できるものと期待される。

一方、スパッタ方式での研究開発成果は、実験室レベルの成膜品での評価により得られているため、実生産ラインでの再現性テスト及び光触媒材料の評価により、生産性及びコストの観点から適用可否の見極めを行いたいと考える。

また、新素材である可視光応答型光触媒材料については、UV型光触媒膜の大面積成膜技術に基づいた実生産設備での生産条件だしが必要になるが、実験室で得られた成膜条件の再現性確認を行うと共に、担持金属 Cu など新規材料に関する成膜条件を実験室でのデータに基づいた再現性の把握、および最適化を行うことで大面積成膜技術（工業プロセス）の確立が行えるものと考えられる。

③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

○パナソニック株式会社

研究開発成果の企業化及び輸出の見通しについては、以下のように考えている。

●研究開発を行う製品・サービス等の概要

(1) 内容

製品：内装建材（防汚・抗菌・VOC分解）、水廻り建材（防汚・抗菌・抗ぬめり・抗かび）、内装用コーティング材・フィルム、空気清浄用フィルター、医療・衛生商品、水浄化システム、家電製品

(2) 用途（販売予定先）

用途：戸建住宅及びビルの内装材、水廻り建材（トイレ、浴室、キッチン、ドレッサーなど）、医療・衛生建築の内装材、空調設備、水浄化システム、家電製品

販売予定先：ハウスメーカー、ゼネコン、空調機器メーカー、一般消費者など

●事業化のスケジュール

| 年度   | H 2 4年度 | H 2 5年度 | H 2 6年度 | H 2 7年度 | H 2 8年度 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 製品設計 | →       |         |         |         |         |
| 設備投資 |         | →       |         |         |         |
| 生産   |         |         |         |         | →       |
| 販売   |         |         |         |         | →       |
| 収益発生 |         |         |         |         | →       |

●予想される重大な障害

製品設計段階 : ユーザーメリットの得られない光触媒効果が得られない。他の手段系の台頭。  
 設備投資 : 業績の急激な悪化  
 生産 : 事業転換  
 販売 : 機能による付加価値訴求がユーザーに受け入れられない。

●市場の動向・競争力

(1) 市場規模（現状と将来見通し）／産業創出効果

現状の市場規模

水廻り市場（トイレ、浴室、キッチン、ドレッサー）市場規模：930,000 百万円

内装建材 市場規模：1,060,000 百万円

市場規模の将来見通し

水廻り市場、内装建材市場ともに、日本国内での市場規模は横ばいあるいは漸減と予測される。

産業創出効果

抗ウイルス性を主眼とした感染リスク低減の訴求、さらには医療・衛生用途への光触媒製品の適用により、当社の関連する事業分野では、以下のような新市場の開拓を期待できる。

- ・内装建材におけるより広範な光触媒の利用（光触媒利用製品シェアの拡大）
- ・空調設備用フィルター 市場規模：730,000 百万円
- ・配線器具（スイッチ等） 市場規模：60,000 百万円
- ・水浄化システム（浄水器）市場規模：30,000 百万円
- ・家電製品全般 市場規模：6,000,000 百万円

(2) 競合が想定される他社の開発動向とそれに対する優位性の根拠

光触媒の応用技術、特に建築材料分野では、パナソニックはトップランナーの一社である。光触媒を応用した建築材料や照明器具、コーティング材料などの開発・実績を十分有しており、表面改質技術及び部材開発における他社優位性は保持していると考え

(3) 価格競争力

自社品搭載によるコストメリットが期待できる。普及率の向上のためには、システム提案とコストダウン併用して業界適正価格とユーザー訴求価格のバランスを先導していく。

●売上見通し

(1) 売上見通し（単位：百万円）

H28年度 10,800 百万円／年

(2) 売上見通し設定の考え方

本プロジェクトを受けての当社の新規な光触媒製品の展開構想から、本プロジェクト終了後5年間の当社売上見通しを、以下のように予測した。

・当社の内装建材水廻り分野での光触媒製品売上高見通し

|            | 当社売上見通し     |
|------------|-------------|
| 1年目（H24年度） | 30 百万円/年    |
| 2年目（H25年度） | 300 百万円/年   |
| 3年目（H26年度） | 1,000 百万円/年 |
| 4年目（H27年度） | 2,000 百万円/年 |
| 5年目（H28年度） | 5,000 百万円/年 |



・当社の水廻り分野での光触媒製品売上高見通し

|            | 当社売上見通し    |
|------------|------------|
| 1年目（H24年度） | 10百万円/年    |
| 2年目（H25年度） | 100百万円/年   |
| 3年目（H26年度） | 300百万円/年   |
| 4年目（H27年度） | 500百万円/年   |
| 5年目（H28年度） | 1,000百万円/年 |

・当社の空調機器分野での光触媒製品売上高見通し

|            | 当社売上見通し    |
|------------|------------|
| 1年目（H24年度） | 0百万円/年     |
| 2年目（H25年度） | 0百万円/年     |
| 3年目（H26年度） | 500百万円/年   |
| 4年目（H27年度） | 1,000百万円/年 |
| 5年目（H28年度） | 3,000百万円/年 |

・当社の配線器具分野での光触媒製品売上高見通し

|            | 当社売上見通し    |
|------------|------------|
| 1年目（H24年度） | 0百万円/年     |
| 2年目（H25年度） | 0百万円/年     |
| 3年目（H26年度） | 100百万円/年   |
| 4年目（H27年度） | 300百万円/年   |
| 5年目（H28年度） | 1,000百万円/年 |

・当社の水浄化システム分野での光触媒製品売上高見通し

|            | 当社売上見通し  |
|------------|----------|
| 1年目（H24年度） | 0百万円/年   |
| 2年目（H25年度） | 0百万円/年   |
| 3年目（H26年度） | 0百万円/年   |
| 4年目（H27年度） | 100百万円/年 |
| 5年目（H28年度） | 300百万円/年 |

・当社の家電分野での光触媒製品売上高見通し

|            | 当社売上見通し  |
|------------|----------|
| 1年目（H24年度） | 0百万円/年   |
| 2年目（H25年度） | 0百万円/年   |
| 3年目（H26年度） | 0百万円/年   |
| 4年目（H27年度） | 100百万円/年 |
| 5年目（H28年度） | 500百万円/年 |

○TOTO株式会社

VOC浄化部材については調湿などパッシブ機能性建材の開発と連動させ、その表面処理に本PJ知見の活用を検討していく予定。

セルフクリーニング部材については、検討中の材料の課題として、耐薬品性と耐摺動性の向上が必

要となる。また、浴室で使われる樹脂部材としての商品化のためには、低温で塗膜化でき、性能も高い素材とバインダーの組合せを考案する必要がある。今後、1-2年の材料基礎検討を継続し、樹脂への適用可能性を探求する。樹脂への適用が可能になった後、浴室事業部への素材提案、事業部での部材評価のステップへ移行することになる。

抗菌・抗ウイルス部材については、ターゲット市場・使用環境・使用方法の明確化を進めるとともに、基本性能の充実を図る。商品発売のために詳細な商品企画を検討中。抗ウイルス性能を前面に押し出す特殊部材の位置付けとなるため、病院、空港などニーズの高い領域への採用働き掛けから開始する予定。

塗料については、設計試作段階に移行しており、基本品質、施工性の確立を図ったうえで2012年度の商品発売を目指している。

タイルについては、外観確保と抗菌・抗ウイルス性能の両立に苦戦しており、塗料に対し、半年から1年後の発売を目指している。

#### ○日本板硝子株式会社

本プロジェクトの成果として得られた、UV光応答型光触媒材料でのVOC分解活性、親水性、抗菌性などの活性向上に関する膜構成の改良は、現行製品（セルフクリーニング機能）の改良として、今後大面積成膜技術の確立などを行うことで、建築ガラスとしての実用化への可能性は開かれると考える。

一方、新規材料として見出された可視光応答型光触媒材料については、現時点での研究開発の成果は、ラボレベルの成膜品での評価により得られているため、今後は大面積成膜技術（工業プロセス）の開発が必要不可欠と考えられる。また、各種特性（抗菌・抗ウイルス性、VOC分解活性、親水性）を実用化するに際しては、その特性を持つガラスが求められる市場（一般建築物、公共施設、医療・介護施設、食品関連設備など）の把握や、必要となる耐久性（薬品種類、耐久時間、寿命など）や活性（活性速度など）などの把握が未だ十分とは言い切れない状態であると判断される。

しかしながら、本プロジェクトにおいて、新規に明らかになった光触媒材料の持つ高い抗ウイルス性に対する市場の興味は非常に大きいと考えられ、これまで使用されていなかった分野や部材への波及的な展開が期待される。

以上により、本プロジェクトにおいて、可視光応答型光触媒材料を基にした新材料（薄膜）の開発は成功し、それら材料に対する新規分野への展開可能性も高いと考えられるので、数年以内には製品化を目指したいと考える。しかしながら、実用化するにあたり、市場性を踏まえた必要特性（活性、耐久性など）の把握、改良及び大面積化（工業化）が今後の課題であり、それらを解決することにより実用化が可能になると判断される。

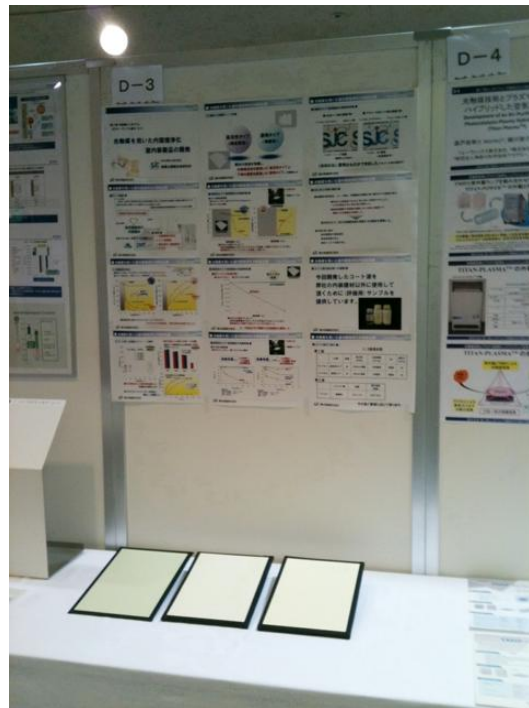
#### ○株式会社積水樹脂技術研究所

これまでの試作品を用いて、市場評価（ヒアリング・サンプルワーク等）をおこなった状況を以下に示す。

塗工方法の検討による試作サンプルおよび評価データを持って、社外へのPRや既存ユーザーに対して開発品を提案。ヒアリングを実施した。（社外発表；11件）



カタログ(提案資料)



展示会風景(光触媒シンポジウム)

特に公共空間において、抗菌・抗ウイルス・臭い低減などの本開発品が有効な用途が数々あがっている。

特に抗菌・抗ウイルスについては、新型インフルエンザや多剤耐性菌などへの対策として非常に有効なものであり今後市場形成が加速するものと推測される。

以上の様に不透明な経済環境の中、本事業で開発した内装建材を普及させるためにユーザーメリットについての訴求方法に多くの工夫が必要となる。

## ●企業化に向けた課題

### (1) 訴求方法の検討

先に述べたとおり、消臭・VOC低減、抗菌・抗ウイルス機能は、目には見えないため訴求の仕方に工夫が必要である。

特に抗菌・抗ウイルス機能については、従来の同じ機能を持つ製品に比べて、光触媒の最大の特徴である「細菌やウイルス種を問わず低減が可能」であることを訴求するため、様々な菌・ウイルスについてのデータ取得をおこなっている。

### (2) 抗菌・抗ファージ機能の高活性化

これまでの実証実験などにおいて、光触媒の有無にかかわらず一部の部位で多量の細菌を検出することがあった。特に頻繁に接触する部位には、抗菌機能の瞬発力を有した高性能建材が必要となっていることから、今後、抗菌・抗ファージ機能の向上を図り、上記のような過酷な環境においても光触媒の有効性を高めていく。

### (3) 効果の見える化の検討

抗菌・抗ウイルス効果は目に見えないため効果がわかりづらく、本事業で開発した内装建材の販売に際しては「効果の見える化」が必須である。

そこで、効果が見える方法についてアイデア抽出をおこない検証を実施している。

## ●技術成果の普及について

当社にとって新事業の位置づけとなるコート液の販売事業にチャレンジすることで、本助成事業

の成果の普及を目指す。本助成事業期間中からプロジェクト内の企業に対してサンプルワークを進め、同時に展示会などへの出展により他分野への応用を図っている。

可視光応答型光触媒は室内で使えることをメインに訴求していることから、住宅関連分野からの引き合いが多いが、一部、新たな用途についても可能性が見えてきており、今後当社内部で方向性を決定し、本事業成果の普及を目指した取り組みを検討していく。

特にユーザーメリットに重点をおきながら提案を重ねることで快適で住みよい環境作りに貢献できる製品に育てていく。

#### ④酸化チタンの新機能創出

なし。

#### ⑤光触媒新産業分野開拓

##### ○株式会社ホクエイ

平成22年9月27日、新菱冷熱工業(株)より脱臭装置について引き合いがあり、見積書を提出した。

平成22年11月26日、北海道大学生物機能分子研究開発プラットフォーム・新宮機械設備工事を新菱冷熱工業(株)より受注した。

##### 4基 省電力タイプ

- ・電力 3段階で可変 強;2400W 中;1600W 弱;800W (平均)
- ・風量 各基 約10,000m<sup>3</sup>/h

上記4基は、六角筒フィルター型のプロジェクト成果を製品化したものである。

##### 1基 従来タイプ

- ・電力 800W
- ・風量 約10,000m<sup>3</sup>/h

##### ○盛和工業株式会社

#### 1. VOCの分解除去について

##### ●光触媒技術の優位性

- ・分解するのでランニングコストが非常に安価

活性炭などの吸着材は吸着→飽和のサイクルで短期間での交換が必要となりランニングコストが非常に高くなる。光触媒は臭気成分を分解するため、基本的にはフィルターを交換する必要がない。

またメンテナンスをすることにより繰り返しフィルター使用できる。

従来活性炭で対策していた工場もランニングコスト低減のために光触媒に切り替えた例もあり、効果的にもコスト的にもメリットがある。

また、下の写真のようにすでにVOC除去装置として導入した自治体もある。



写真 14段フィルターを有する VOC 除去装置  
(左：全景 右：内部)

- ・ CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>の排出量も抑制

VOC 除去に良く使用されている燃焼法や触媒燃焼法のように高熱源・高エネルギーを必要とせず、紫外線のみで反応する触媒なので、省エネルギーでしかも燃焼法のように大量の CO<sub>2</sub> を生成したり、大量の NO<sub>x</sub> を排出することがない。

- ・ 様々なガスに対応

低～中濃度領域において多岐にわたる無機・有機混合ガスの臭気成分を除去でき、高い脱臭効果が期待できる。

- ・ 安全性

常温で反応するため安全性は高い。

以上の優位性から展開できる業種は多いと考える。

#### ●開発終了後、導入が期待（促進）される市場（VOC 関連）

- (1) 生産性を上げられる分野（費用対効果が見込める）

半導体製造工程における超低濃度ガスの除去

製品不良率の低下による利益改善

- (2) 人命や健康被害に関わる分野（空気浄化の必要性高い）

- ・ 医学・薬学分野での VOC 除去・除菌

ホルムアルデヒドやキシレンなど人体に有害な VOC の除去  
感染症予防

- ・ 化学物質過敏症、シックハウス症候群予防の VOC の除去

ホルムアルデヒドやキシレンなど人体に有害な VOC の除去

- ・ 化学工場における作業員に対する環境改善

有機溶剤の除去

- (3) 社会貢献や法規制に対応する分野（費用対効果がない）

改正大気汚染防止法に対応した VOC 対策

## 2. 除菌・抗ウイルス用空気浄化装置

既存技術と比較して汚染後は洗浄が可能のため廃棄の必要がなく、またフィルター表面の残存菌も除去可能のため、交換時の接触による二次感染の心配がいらぬといえることからユーザーに受け入れられやすいと考える。

●事業化のスケジュール

| 年度   | H 2 4年度 | H 2 5年度 | H 2 6年度 | H 2 7年度 | H 2 8年度 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 製品設計 | ←————→  |         |         |         |         |
| 設備投資 | ←————→  |         |         |         |         |
| 生産   | ←————→  |         |         |         |         |
| 販売   | ←————→  |         | ←————→  |         |         |
| 収益発生 |         |         | ←————→  | ←————→  | ←————→  |

3-1 市場の動向・競争力

●市場規模（現状と将来見通し）／産業創出効果

(1) PFC ガスの分解除去

国内大手三社の販売事例（過去3年の実績）を以下に示す。

| メーカー      | 方式    | 型式     | 処理ガス量<br>(l/min) | 定価<br>(万円) | 実売価格<br>(万円) | ランニングコスト<br>(万円) | 実績<br>(台・国内) |
|-----------|-------|--------|------------------|------------|--------------|------------------|--------------|
| 荏原製作所     | 燃焼式   | GDC250 | 250              | 1500       | 1000         | 400              | 200          |
|           | 触媒燃焼式 | GCR120 | 120              | 1200       | 1000         | 150              | ?            |
| 日立製作所     | 触媒燃焼式 | HICDS  | 120              | 2000       | 1000         | 150              | 300 以上       |
| BOC エドワーズ | 触媒燃焼式 |        | 200              |            | 1000         | 150              | 500 以上       |

- ・上記3社だけでも、3年で100億円の売り上げ。実際にはこの倍程度の市場が予測されるので、200億円規模の実績値と考えられる。単年毎で分けると70億円程度。
- ・その他メーカーの商品を比較しても120L/min処理で1000万円前後が相場。
- ・海外の市場としては、アメリカ、台湾、韓国がメイン。特に台湾はアメリカ向け液晶関連製品が強いので、この除外装置の市場は日本より大きい可能性がある。
- ・PFC除去に関しては上述のように、2010年には日本国内の300mmウェハのエッチング装置の台数は6,000台程度あると推定されている。この中で既にエッチング装置に除外装置が導入されているのは多く見積もっても1,500台程度（エッチング装置3000台分）であるので、CF<sub>4</sub>除去について2010年までに除去技術が確立できれば、日本国内の設備に対してイニシャルコスト、ランニングコストの面を鑑みて市場を席卷できるものと考えられる。

|            | 市場規模     | 申請者のシェア |
|------------|----------|---------|
| 1年目（H24年度） | 7,000百万円 | 0%      |
| 2年目（H25年度） | 7,000百万円 | 1%      |
| 3年目（H26年度） | 7,000百万円 | 3%      |
| 4年目（H27年度） | 7,000百万円 | 5%      |
| 5年目（H28年度） | 7,000百万円 | 8%      |

(2) VOC（揮発性有機化合物）の分解除去（中～低濃度領域）

「(1) 事業所内（工場、研究室、病院など）や施設で使用しているもので人体に有害であるVOCの除去」（中濃度域）

対象と考えられる工場、研究室、病院の全国の事業所数は

| 業種                | 事業所数      | 参考文献                 |
|-------------------|-----------|----------------------|
| i) 印刷業            | 16,320 カ所 | 経済産業省 平成 19 年工業統計表より |
| ii) 化学工業          | 5,034 カ所  | 経済産業省 平成 19 年工業統計表より |
| ii) 石油製品製造業       | 986 カ所    | 経済産業省 平成 19 年工業統計表より |
| iv) プラスチック製品製造業   | 16,021 カ所 | 経済産業省 平成 19 年工業統計表より |
| v) 総合病院 (100 床以上) | 4,453 カ所  | 厚生労働省 平成 19 年統計表より   |
| 合計                | 42,814 カ所 |                      |

上記の事業所数の 10%程度を VOC の処理が必要な施設もしくは対策がされていない施設があると仮定し、そのなかで光触媒装置のシェアを 30%、装置の平均単価を 500 万円程度と仮定すると

$42,814 \text{ (カ所)} \times 10 \text{ (\%)} \times 30 \text{ (\%)} \times 500 \text{ (万円)} = \text{約 } 64.2 \text{ 億円}$   
 程度の市場が新たに発生すると考えられる。

|                 | 市場規模         | 申請者のシェア |
|-----------------|--------------|---------|
| 1 年目 (H 2 4 年度) | 6, 4 2 0 百万円 | 1 %     |
| 2 年目 (H 2 5 年度) | 6, 4 2 0 百万円 | 5 %     |
| 3 年目 (H 2 6 年度) | 6, 4 2 0 百万円 | 8 %     |
| 4 年目 (H 2 7 年度) | 6, 4 2 0 百万円 | 1 0 %   |
| 5 年目 (H 2 8 年度) | 6, 4 2 0 百万円 | 1 5 %   |

「(2) 事業所内 (工場、倉庫など) で発生するもので、製品の生産性や寿命を落とす VOC の除去」

対象と考えられる一例としてエチレンガスの除去の対象として海上冷蔵コンテナが上げられる。海上冷蔵コンテナは主に海外からの野菜・果樹を運ぶために使用されており、これらに対するエチレンガス除去の需要は高いと考えられる。

海上冷蔵コンテナは年間 1 0 万台が生産・販売されており (株)デンソーより情報入手)、その内エチレン除去の対象となるコンテナを 70%と仮定し、光触媒装置がシェア 20%を獲得し、装置平均単価を 50 万円程度と仮定すると

$10 \text{ (万台)} \times 70 \text{ (\%)} \times 20 \text{ (\%)} \times 50 \text{ (万円)} = 70 \text{ 億円 (年間)}$   
 程度の市場が発生すると考えられる。

|                 | 市場規模         | 申請者のシェア |
|-----------------|--------------|---------|
| 1 年目 (H 2 4 年度) | 7, 0 0 0 百万円 | 1 %     |
| 2 年目 (H 2 5 年度) | 7, 0 0 0 百万円 | 3 %     |
| 3 年目 (H 2 6 年度) | 7, 0 0 0 百万円 | 5 %     |
| 4 年目 (H 2 7 年度) | 7, 0 0 0 百万円 | 8 %     |
| 5 年目 (H 2 8 年度) | 7, 0 0 0 百万円 | 1 0 %   |

「(3) 家庭など一般生活で発生する VOC の除去 (化学物質過敏症等の原因で低濃度のもの)」  
 (低濃度～調停濃度域)

対象と考えられる一例として化学物質過敏症の患者は発症予備軍を含めて推定で 100 万人い

るとされている。(NPO 化学物質過敏症センターH.P より)

その内、光触媒装置がシェア 20%を獲得し、装置平均単価を 15 万円程度と仮定すると  
 $100 \text{ (万人)} \times 20\% \times 15 \text{ 万円} = 300 \text{ 億円}$   
 程度の市場が新たに発生すると考えられる。

|             | 市場規模      | 申請者のシェア |
|-------------|-----------|---------|
| 1年目 (H24年度) | 30,000百万円 | 0.1%    |
| 2年目 (H25年度) | 30,000百万円 | 1%      |
| 3年目 (H26年度) | 30,000百万円 | 3%      |
| 4年目 (H27年度) | 30,000百万円 | 5%      |
| 5年目 (H28年度) | 30,000百万円 | 8%      |

### (3) 除菌・抗ウイルス

対象と考えられる施設は下記であり、

| 施設      | 件数 (事業所数)     | 備考           | 期待される金額(億円)<br>(各施設のシェア 10%を<br>押さえた場合) |
|---------|---------------|--------------|---|
| 空港 国際線  | 28 空港         | H18年国土交通省データ | 3.23                                    |
| 空港 国内線  | 59 空港         | H18年国土交通省データ | 5.62                                    |
| 港湾関係    | 128 カ所        | H18年国土交通省データ | 6.4                                     |
| 病院      | 2,869,152 床   | H19年厚生労働省データ | 107.6                                   |
| 介護施設    | 138,654 カ所    |              | 45                                      |
| 公立学校    | 495,658 学級    | H19年文部科学省データ | 743.5                                   |
| 大学等高等教育 | 1,243 校       | H21年文部科学省データ | 24.8                                    |
| 養鶏場     | 1,855 カ所      | H19年厚生労働省データ | 27.8                                    |
| 鉄道      | 9,600 駅       | H18年国土交通省データ | 48.9                                    |
| 地方自治体施設 | 2,014 自治体     |              | 30.2                                    |
| 小売業     | 1,137,859 事業所 | H19年経済産業省データ | 850                                     |
| 飲食店     | 800,000 店     |              | 400                                     |
|         |               | 合計           | 2,293.05                                |

合計で 2,293 億円程度の市場が新たに発生すると考えられる。

|             | 市場規模    | 申請者のシェア |
|-------------|---------|---------|
| 1年目 (H24年度) | 2,293億円 | 0.1%    |
| 2年目 (H25年度) | 2,293億円 | 0.5%    |
| 3年目 (H26年度) | 2,293億円 | 1%      |
| 4年目 (H27年度) | 2,293億円 | 3%      |
| 5年目 (H28年度) | 2,293億円 | 5%      |

## ● 競合が想定される他社の開発動向とそれに対する優位性の根拠

### (1) PFC ガスの分解除去

半導体製造工程で発生する PFC ガスは、現在、地球温暖化の一要因とされおり、今後、このガスの排出規制は更に厳しくなる方向に進むと考えられている。

現在、半導体メーカーの、フッ素系化合物ガスの処理方法は、充分ではなく、CO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>を副生成する問題がある。

光触媒法は、いずれも処理反応による排ガス処理装置は、低コストで安全性の高い分解にユー



ザーニーズが高まっている傾向にある。

## (2) VOC（揮発性有機化合物）の分解除去（中～低濃度領域）

既存の技術では大量のエネルギーを用いたもので、また CO<sub>2</sub> や NO<sub>x</sub> を大量に発生するものが主流であり、それにかわる技術が求められており光触媒技術はそれらに代わる低エネルギーでクリーンな技術と期待されている。

光触媒の優位性としては

- (Ⅰ) 吸着ではなく分解のため通常交換を必要とせずランニングコスト既存技術と比べ安価
  - (Ⅱ) 燃焼法のような高エネルギー源を必要とせず尚かつ CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> の排出量も抑制
  - (Ⅲ) 常温で反応するため、他技術に比較して安全性が高い
- といえる。

## (3) 除菌・抗ウイルス

既存の技術としては HEPA フィルターをはじめとする高性能フィルターで物理的に細菌・ウイルスを濾過する方法が主流であるが、フィルター上に細菌・ウイルスが残存しそれらに接触することによる二次感染が心配される。光触媒技術であれば細菌は分解され、ウイルスは不活化されることから紫外線をフィルター上に適切に照射することにより二次感染は防止できる。またフィルターは再生が可能であり使用後廃棄が必要な高性能フィルターに対してランニングコストで優位に立つことが可能である。

## ● 価格競争力

### (1) PFC ガスの分解除去

既存 PFC 分解装置の仕様は

寸法：W1,200mm×D600mm×H1,800mm 程度

最大処理量：120L/min

消費電力：8kW/h

工水：4.5L/min（スクラバー部で使用）

純水：5ml/min

電力費について年間の稼働を 365 日 24 時間とみなすと、

$$\begin{aligned} \text{電力費} &: 8(\text{kW/h}) \times 0.8(\text{負荷率}) \times 365 (\text{日}) \times 24 (\text{時間}) \times 15 (\text{円}) \\ &= 840,960 \text{ 円} \end{aligned}$$

その他ランニングコストとしては、希釈用の N<sub>2</sub> ガス料金や工水（ただし自社設備の場合コストゼロの場合もあり）や純水、触媒再生費用 60 万円（2 年に 1 回の再生で 120 万円）。

よって総額で 150 万円程度になる。

この時の電力コストは、

$$12,000\text{kW}(11 \text{ 億円})、(8\text{kW/h} \times 1500 \text{ 台}、24 \text{ 時間}、365 \text{ 日運転}、13 \text{ 円/kW} \text{ で計算})$$

となる。

これに対し新技術では、

処理対象：CF<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>、CO

処理ガス量：～120L/min（仮に装置フローは触媒燃焼タイプのような型とする）

消費電力：2kW/h 以下（電力費で 182,000 円）

販売価格帯：500 万円以下

ランニングコスト：50 万円以下（水、電気、光源のみ。場合によっては酸素供給設備）

従って、光触媒法での電力コストは例示した除外装置 1500 台に換算すると

$$3,000\text{kW} (2.7 \text{ 億円})、(2\text{kW/h} \times 1500 \text{ 台}、24 \text{ 時間}、365 \text{ 日運転}、13 \text{ 円/kW} \text{ で計算})$$

となる。

(2) VOC (揮発性有機化合物) の分解除去 (中～低濃度領域)

環境省が発行している VOC 脱臭処理技術評価ガイドから触媒燃焼方式の VOC 除去装置について紹介されており、そのスペックは 10m<sup>3</sup>/min 処理 (ワンパス処理 VOC 処理効率 70%)、約 10kW の消費電力、本体価格 6,790,000 円となっている。

そこで光触媒法で目標とするスペックは、

処理対象：VOC ガス全般

処理ガス量：～10m<sup>3</sup>/min (ワンパス処理 VOC 処理効率 99%)

消費電力：5kW/h 以下

販売価格帯：500 万円以下

またエチレンガスの除去については海外を往来する海上冷蔵コンテナをターゲットとする。具体的な開発目標は 40 フィート海上冷蔵コンテナに対象となる野菜・果実を満載にした状態でコンテナ内のエチレン濃度を 0.1ppm 以下の保持する性能を有する装置の開発・製造となる。既存の吸着剤やオゾンと比較すると 1 コンテナ当たりの投資額は 50～60 万円程度が妥当と考える。

(3) 除菌・抗ウイルス

現在、市場動向を確認しており利益を含む適正価格を調査中

4-1. 売上見通し

● 売上見通し (単位：百万円)

(1) PFC ガスの分解除去

|                 | 販売単価   | 販売数   | 売上       | 製品原価     | 収益       |
|-----------------|--------|-------|----------|----------|----------|
| 1 年目 (H 2 4 年度) | 500 万円 | 0 台   | 0 円      | 0 円      | 0 円      |
| 2 年目 (H 2 5 年度) | 500 万円 | 70 台  | 350 百万円  | 200 百万円  | 150 百万円  |
| 3 年目 (H 2 6 年度) | 500 万円 | 140 台 | 700 百万円  | 300 百万円  | 400 百万円  |
| 4 年目 (H 2 7 年度) | 500 万円 | 280 台 | 1400 百万円 | 800 百万円  | 600 百万円  |
| 5 年目 (H 2 8 年度) | 500 万円 | 420 台 | 2100 百万円 | 1050 百万円 | 1050 百万円 |

(2) VOC (揮発性有機化合物) の分解除去 (中～低濃度領域)

「(1) 事業所内 (工場、研究室、病院など) や施設で使用しているもので人体に有害である VOC の除去」(中濃度域)

対象となる事業所数の 10%程度を VOC の処理が必要な施設もしくは対策がされていない施設があると仮定し、そのなかで光触媒装置のシェアを 30%、装置の平均単価を 500 万円程度と仮定しての売上見通しは

|                 | 販売単価   | 販売数   | 売上      | 製品原価    | 収益      |
|-----------------|--------|-------|---------|---------|---------|
| 1 年目 (H 2 4 年度) | 500 万円 | 12 台  | 60 百万円  | 30 百万円  | 30 百万円  |
| 2 年目 (H 2 5 年度) | 500 万円 | 60 台  | 300 百万円 | 150 百万円 | 150 百万円 |
| 3 年目 (H 2 6 年度) | 500 万円 | 96 台  | 480 百万円 | 240 百万円 | 240 百万円 |
| 4 年目 (H 2 7 年度) | 500 万円 | 120 台 | 600 百万円 | 300 百万円 | 300 百万円 |
| 5 年目 (H 2 8 年度) | 500 万円 | 180 台 | 900 百万円 | 450 百万円 | 450 百万円 |

「(2) 事業所内 (工場、倉庫など) で発生するもので、製品の生産性や寿命を落とす VOC の除去」

対象と考えられる一例としてエチレンガスの除去の対象として海上冷蔵コンテナが上げられる。海上冷蔵コンテナは主に海外からの野菜・果樹を運ぶために使用されており、これらに対

するエチレングス除去の需要は高いと考えられる。

海上冷蔵コンテナは年間10万台が生産・販売されており（株デンソーより情報入手）、その内エチレン除去の対象となるコンテナを70%と仮定し、光触媒装置がシェア15%を獲得し、装置平均単価を50万円程度と仮定しての売上見通しは

|            | 販売単価 | 販売数   | 売上      | 製品原価     | 収益       |
|------------|------|-------|---------|----------|----------|
| 1年目（H24年度） | 50万円 | 200台  | 100百万円  | 60百万円    | 40百万円    |
| 2年目（H25年度） | 50万円 | 500台  | 250百万円  | 137.5百万円 | 112.5百万円 |
| 3年目（H26年度） | 50万円 | 1000台 | 500百万円  | 250百万円   | 250百万円   |
| 4年目（H27年度） | 50万円 | 2000台 | 1000百万円 | 450百万円   | 550百万円   |
| 5年目（H28年度） | 50万円 | 5000台 | 2500百万円 | 1000百万円  | 1500百万円  |

「(3) 家庭など一般生活で発生するVOCの除去（化学物質過敏症等の原因で低濃度のもの）」  
（低濃度～調停濃度域）

対象と考えられる一例として化学物質過敏症の患者は発症予備軍を含めて推定で100万人いるとされている。（NPO 化学物質過敏症センターH.Pより）

その内、光触媒装置のシェアを20%と仮定し、平均単価を15万円程度と仮定しての売上見通しは

|            | 販売単価 | 販売数    | 売上      | 製品原価   | 収益     |
|------------|------|--------|---------|--------|--------|
| 1年目（H24年度） | 15万円 | 200台   | 30百万円   | 15百万円  | 15百万円  |
| 2年目（H25年度） | 15万円 | 2000台  | 300百万円  | 150百万円 | 150百万円 |
| 3年目（H26年度） | 15万円 | 6000台  | 900百万円  | 450百万円 | 450百万円 |
| 4年目（H27年度） | 10万円 | 10000台 | 1000百万円 | 500百万円 | 500百万円 |
| 5年目（H28年度） | 10万円 | 16000台 | 1600百万円 | 800百万円 | 800百万円 |

### (3) 除菌・抗ウイルス

現在、市場動向を確認しており利益を含む適正価格を調査中だが市場規模（約2,293億円程度）から獲得予想シェアを計算すると

|            | 売上       | 製品原価  | 収益      |
|------------|----------|-------|---------|
| 1年目（H24年度） | 2.293億円  | 1.2億円 | 1.093億円 |
| 2年目（H25年度） | 11.465億円 | 5.8億円 | 5.665億円 |
| 3年目（H26年度） | 22.93億円  | 12億円  | 10.93億円 |
| 4年目（H27年度） | 68.79億円  | 35億円  | 33.79億円 |
| 5年目（H28年度） | 114.65億円 | 55億円  | 59.65億円 |

## ●売上見通し設定の考え方

### (1) PFCガスの分解除去

処理対象：CF<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>、CO

処理ガス量：～120ml/min（仮に装置フローは触媒燃焼タイプのような型とする）

消費電力：2kW/h以下（電力費で182,000円）

販売価格帯：500万円以下

### (2) VOC（揮発性有機化合物）の分解除去（中～低濃度領域）

「(1) 事業所内（工場、研究室、病院など）や施設で使用しているもので人体に有害であるVOC

の除去」(中濃度域)

処理ガス量：～10m<sup>3</sup>/min (ワンパス処理 VOC 処理効率 99%)

消費電力：5kW/h 以下

販売価格帯：500 万円以下

「(2) 事業所内(工場、倉庫など)で発生するもので、製品の生産性や寿命を落とす VOC の除去」

今回は海外を往来する海上冷蔵コンテナをターゲットとする。具体的な開発目標は 40 フィート海上冷蔵コンテナを対象となる野菜・果実を満載にした状態でコンテナ内のエチレン濃度を 0.1ppm 以下の保持する性能を有する装置の開発・製造となる。既存の吸着剤やオゾンと比較すると 1 コンテナ当たりの投資額は 50～60 万円程度が妥当と考える。

「(3) 家庭など一般生活で発生する VOC の除去 (化学物質過敏症等の原因で低濃度のもの)」  
(低濃度～調停濃度域)

現在、化学物質過敏症用の空気清浄機は市場に出回っていない。しかし家庭用の空気清浄機の市場価格は 5 万円までの製品が多く、特殊用途としても適正価格その 2～3 倍(10～15 万円)程度までと考える。

### (3) 家庭用から病院などの施設

現在、市場動向を確認しており利益を含む適正価格を調査中ではあるが、家庭用から病院などの施設と市場から求められる効果の範囲が非常に広い。

家庭用であればやはり家電メーカーの空気清浄機が 5 万円までの価格帯のため、大量生産が出来ないのを考えても 1.5～2 倍以下(7.5～10 万円以下)程度と考える。

施設向けいわゆる業務用については、要求性能により全く金額が変わるため処理風量 1m<sup>3</sup>/min 当たり 5～15 万と幅広い範囲の価格帯になると考えられる。

## 4-2. 今後(2020年、2030年)の市場予測

| 施設      | 件数<br>(現在の事業<br>所数等) | 用途       | 2020年の市場金額 |        |          |      | 2030年の市場金額(億円) |       |          |       |
|---------|----------------------|----------|------------|--------|----------|------|----------------|-------|----------|-------|
|         |                      |          | 光触媒のシェア    |        | 内、弊社のシェア |      | 光触媒のシェア        |       | 内、弊社のシェア |       |
|         |                      |          | %          | (億円)   | %        | (億円) | %              | (億円)  | %        | (億円)  |
| 空港 国際線  | 28 空港                | 除菌・抗ウイルス | 15         | 4.8    | 5        | 0.2  | 20             | 6.5   | 10       | 0.6   |
| 空港 国内線  | 59 空港                | 除菌・抗ウイルス | 15         | 8.4    | 5        | 0.4  | 20             | 11.2  | 10       | 1.1   |
| 港湾関係    | 128 カ所               | 除菌・抗ウイルス | 15         | 9.6    | 5        | 0.5  | 20             | 12.8  | 10       | 1.3   |
| 病院      | 2,869,152 床          | 除菌・抗ウイルス | 15         | 161.4  | 5        | 8.1  | 20             | 215.2 | 10       | 21.5  |
| 介護施設    | 138,654 カ所           | 除菌・抗ウイルス | 15         | 67.5   | 5        | 3.4  | 20             | 89.9  | 10       | 9     |
| 公立学校    | 495,658 学級           | 除菌・抗ウイルス | 15         | 1115.2 | 5        | 55.8 | 20             | 1487  | 10       | 148.7 |
| 大学等高等教育 | 1,243 校              | 除菌・抗ウイルス | 15         | 37.3   | 5        | 1.9  | 20             | 49.7  | 10       | 5     |
| 養鶏場     | 1,855 カ所             | 除菌・抗ウイルス | 15         | 41.7   | 5        | 2.1  | 20             | 55.7  | 10       | 5.6   |

|              |               |               |    |            |    |           |    |          |    |           |
|--------------|---------------|---------------|----|------------|----|-----------|----|----------|----|-----------|
| 鉄道           | 9,600 駅       | 除菌・抗ウイルス      | 15 | 73.5       | 5  | 3.7       | 20 | 98       | 10 | 9.8       |
| 地方自治体施設      | 2,014 自治体     | 除菌・抗ウイルス      | 15 | 45.3       | 5  | 2.3       | 20 | 60.4     | 10 | 6         |
| 小売業          | 1,137,859 事業所 | 除菌・抗ウイルス      | 15 | 1274.6     | 5  | 63.7      | 20 | 1699.4   | 20 | 169.9     |
| 飲食店          | 800,000 店     | 除菌・抗ウイルス      | 15 | 600        | 5  | 30        | 20 | 800      | 20 | 80        |
| 印刷業          | 16,320 カ所     | VOC 除去<br>・脱臭 | 30 | 24.5       | 15 | 3.7       | 30 | 24.5     | 20 | 4.9       |
| 化学工業         | 5,034 カ所      | VOC 除去<br>・脱臭 | 30 | 7.6        | 15 | 1.1       | 30 | 7.6      | 20 | 1.5       |
| 石油製品製造業      | 986 カ所        | VOC 除去<br>・脱臭 | 30 | 1.5        | 15 | 0.2       | 30 | 1.5      | 20 | 0.3       |
| プラスチック製品製造業  | 16,021 カ所     | VOC 除去<br>・脱臭 | 30 | 24         | 15 | 3.6       | 30 | 24       | 20 | 4.8       |
| 総合病院（100床以上） | 4,453 カ所      | VOC 除去<br>・脱臭 | 30 | 6.7        | 15 | 1         | 30 | 6.7      | 20 | 1.3       |
| 化学物質過敏症      | 100 万人        | VOC 除去        | 20 | 300        | 10 | 30        | 30 | 450      | 20 | 90        |
| 海上輸送コンテナ鮮度保持 | 10 万台／年       | エチレン除去        | 20 | 70         | 10 | 7         | 30 | 105      | 20 | 21        |
|              |               | 合計            |    | 3873.6（億円） |    | 218.6（億円） |    | 5205（億円） |    | 582.4（億円） |

#### 4-3. 輸出

輸出については、まずは国内市場の形成が不可欠であり、ある程度今回の開発で道筋の見えて  
いるものについては少しずつ情報収集をしつつ進めるが、現在はまだ本格的な進出は予定してい  
ない。

## ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

このプログラムは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすることを目的とする。

### 2. 政策的位置付け

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

- ・「ナノテクノロジー・材料分野」は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（重点推進4分野）の一つに指定、優先的に資源配分することとされている。
- ・我が国の材料技術は、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化に至るまでの全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっている。

「イノベーション25」（2007年6月閣議決定）

- ・「ナノテクノロジー・材料分野」は、中長期的に取り組むべき課題として、「1.生涯健康な社会形成」、「2.安全・安心な社会形成」、「4.世界的課題解決に貢献する社会形成」、及び「5.世界に開かれた社会形成」の分野に位置付けられている。
- ・所要の措置を講じていくことが必要である事項として以下の点が指摘されている。
  - ・学際領域・融合領域における教育等人材育成、拠点形成
  - ・社会受容を促すための積極的な取り組み
  - ・知的財産確保のための戦略的な取り組み

「経済成長戦略大綱」（2006年7月財政・経済一体改革会議）

- ・「我が国の国際競争力の強化」の取り組みとして、高度な部品・材料産業やモノ作り中小企業の強化が掲げられている。
- ・「技術戦略マップ」の活用等により、ユーザー企業との垂直連携による研究開発を推進することを通して、我が国経済発展の基盤である高品質、高性能な部品・材料産業の強化を図ることが今後の取組として記載されている。

「新産業創造戦略2005」（2005年6月経済産業省）

- ・部材分野は、新産業群の創出を支える共通基盤技術として位置づけられている。
- ・「高度部材・基盤産業」の集積を形成していることが、「ものづくり」に不可欠な基盤技術のネットワーク化を通じた現場レベルでの迅速かつ高度な摺り合わせを可能としており、我が国「ものづくり」の強みの源泉となっていると記載されている。

### 3. 達成目標

- ・世界に先駆けて、ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。

- ・我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに部材産業の付加価値の増大を図る。
- ・ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。
- ・希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

#### 4．研究開発内容

##### [プロジェクト]

##### ．ナノテクノロジーの加速化領域

ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を加速・促進する。

##### (1) 異分野異業種融合ナノテクチャレンジ(運営費交付金)

###### 概要

革新的なナノテクノロジーの研究開発を促進し、キーデバイスの早期実現を目指すため、大学や研究機関などの川上と企業などの川下の連携、異業種異分野の連携による提案公募によって、ナノテク実用化に向けたチャレンジを支援する。

###### 技術目標及び達成時期

マテリアル・プロセス研究、加工・計測技術研究、昨今の環境意識向上に対応した研究、社会課題を解決するための基盤技術研究に加え、異分野等の融合研究を推進することにより、2011年度までにナノテクノロジーの産業化のための基盤的技術を確立し、実用化を図る。

###### 研究開発期間

2005年度～2011年度

##### ．情報通信領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して既存技術の微細化の壁を突破し、電子デバイス・光デバイスで世界をリードするとともに、高度化された製造技術の開発を行う。

##### (1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち新材料・新構造ナノ電子デバイス(運営費交付金)

###### 概要

従来の半導体は、性能の向上(高速化、低消費電力化、高集積化)を確保するために微細化が進められてきたが、絶縁性、誘電率等の物理的限界、微細化に伴う製造コストの増大など、集積度向上によるメリットが十分達成されなくなっている。

本研究開発では、シリコンで培った微細化技術やデバイス原理を活用しながら、シリコン材料の物理的限界を突破するための“新材料”および“新(デバイス)構造”の開発を行い、次世代の電子デバイス技術を確立する。

###### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、産業界が10年後を見据えた将来の電子デバイスを開発する際に、産業技術として活用できるかどうかの実現可能性を見極め、また技術シーズを確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト(運営費交付金)

概要

将来のエレクトロニクスにおいて中核的な基盤技術となり得るスピントロニクス技術(電子の電荷ではなく、電子の自転=「スピン」を利用する全く新しいエレクトロニクス技術)を確立するため、強磁性体ナノ構造体におけるスピンの制御・利用基盤技術を開発し、我が国が世界に誇るシーズ技術を核として、産学官の共同研究体制を構築し、将来の中核的エレクトロニクス技術における我が国の優位性の確保を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、超高集積で高速な不揮発性メモリとして期待されるスピンメモリのための基盤技術を確立する。また、新ストレージ・メモリデバイス、不揮発性スピン光機能素子、スピン能動素子等の新しい動作原理によるスピン新機能素子の実現のための基盤技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

窒化物系化合物半導体は、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、重要なデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減への貢献を期待されている。このため、従来の半導体材料では実現出来ない領域で動作可能なハイパワー・超高効率の電子素子、超高速電子素子等の作成に必要な窒化物系化合物半導体先進技術の国際競争力を強化すべく、高品質かつ大口径単結晶基板、高品質かつ大口径エピタキシャル成長技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

1) 基板技術(GaN、AlNバルク結晶作製技術)

- ・口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。

2) エピ技術(エピタキシャル成膜及び計測評価技術)

- ・低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。
- ・高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現
- ・高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

研究開発期間

2007年度～2011年度



(4) 三次元光デバイス高効率製造技術(運営費交付金)

概要

波面制御素子による空間光変調技術を確立し、ガラス中に三次元造形を高精度に一括形成できるプロセス技術を開発する。この技術を用いて、具体的な光デバイスを作製し、当該技術の有効性の確認と市場への早期参入のための基盤技術を確立する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに波面制御素子による空間光変調技術を用いたフェムト秒レーザー照射技術等を確立し、高精度の光デバイスを高速に作製できるプロセス技術を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 低損失オプティカル新機能部材技術開発\*(運営費交付金)(再掲)

概要

近接場光の原理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発\*(運営費交付金)(再掲)

概要

製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術的目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

(7) 半導体機能性材料の高度評価基盤開発(運営費交付金)(再掲)

概要

情報通信機器の高機能化や低消費電力化等の要求を満たす半導体集積回路を実現するため、新たな機能性材料開発に貢献する評価基盤技術を開発し、さらに開発した機能性材料を半導体及び半導体集積回路に適用できる統合的なソリューション技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術的目標及び達成時期

2011年度までに、半導体デバイス性能に直結する接合素子の性能性及び信頼性等、半導体製造プロセス全体を俯瞰しつつ、機能性材料開発が可能となる評価基盤技術を開発し、開発した機能性材料を用いた統合的なソリューションが提案できる材料評価基盤を構築する。

研究開発期間

2009年度～2011年度

・ライフサイエンス・健康・医療領域

ナノテクノロジーを駆使して初めて可能となる診断・治療により革新的な医療を実現する。

(1) 次世代DDS型悪性腫瘍治療システムの研究開発事業(運営費交付金)

概要

DDSのさらなる裾野の拡大、及び早期実用化を目指し、様々な外部エネルギー(機器技術)と薬剤技術を組み合わせることにより、比較的人体の深部にある臓器(肺、消化器)等のがんを対象としたDDS型治療システムの開発を行う。

技術目標及び達成時期

光線力学治療システムの前臨床試験の開始及び治療効果・安全性の検証と、超音波診断・治療システムの前臨床試験を可能とする薬剤及び装置の完成に関する開発を難治性がんの治療に向けて行う。

研究開発期間

2006年度～2009年度

(2) 個別化医療実現のための技術融合バイオ診断技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

我が国が有する微細加工技術・表面処理技術といったナノテク等の強みを活かし、染色体異常を高感度、高精度かつ迅速、安価で非コード領域までを検出するゲノムアレイや解析基盤技術開発を行うとともに、全自動解析システムの開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、BAC(染色体の断片)を用いた非コード領域を含むゲノム全領域を検出できる高精度ゲノムアレイを開発する。さらに、臨床現場において、微量サンプル(数ナノグラム)から、12時間以内に染色体異常(増幅、欠失、コピー数多型等)を、低コストかつ定量性・再現性を確保して検出ができる自動染色体異常解析シス

テムのプロトタイプを開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 分子イメージング機器研究開発プロジェクト(運営費交付金)

)生活習慣病超早期診断眼底イメージング機器研究開発プロジェクト

概要

細小血管の分子レベルでの代謝機能を非侵襲で可視化する細胞代謝イメージングを実現し、代謝異常を細胞レベルで観察することにより、生活習慣病に起因する血管病変等合併症の早期の診断・治療を図る。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、ナノテクノロジーを活用した光学基盤技術等を確立することにより、細胞やタンパク質レベルの組織診断を可能とする機器を開発する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

)悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器研究開発プロジェクト

概要

良性・悪性の区別も含めた腫瘍の超早期診断を実現するため、悪性腫瘍に特異的に反応する標的物質を利用することにより生体細胞の分子レベルの機能変化を抽出・検出できる機器の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、全身で3mm、局所で1mmの分解能を有する分子イメージング機器を開発する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

)新規悪性腫瘍分子プローブの基盤技術開発

「概要

分子イメージングにおいて、病変を可視化する分子プローブの開発を一層強化・促進するため、分子プローブの基盤要素技術と評価システムの開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、新規の近赤外蛍光分子プローブ及び小動物用近赤外蛍光イメージングシステムを試作し、同システムを用いて分子プローブのがん特異性を定量的に評価するための条件等を明らかにする。

研究開発期間

2008年度～2009年度

・エネルギー・資源・環境領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して、エネルギー・資源・環境等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテ関連産業・部材産業の競争力を強化する。

## ( ) エネルギー制約の克服

### ( 1 ) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発 ( 運営費交付金 ) ( 再掲 )

#### 概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料 ( C F R T P ) の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### 技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、高速成形技術、接合技術及びリサイクル技術を開発する。

#### 研究開発期間

2008年度～2012年度

### ( 2 ) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発 ( 運営費交付金 ) ( 再掲 )

#### 概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を持つ壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率 ( 熱の伝わりやすさ ) が  $0.3 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K}$  以下、壁厚さ  $10 \text{ mm}$  程度の超断熱壁材料および熱貫流率が  $0.4 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K}$  以下、光 ( 可視光 ) 透過率が  $65\%$  以上 ( L o w - E ガラス使用 )、ヘイズ率が  $1\%$  以下の超断熱窓材料を実現する。

#### 研究開発期間

2007年度～2011年度

### ( 3 ) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト ( 運営費交付金 ) ( 再掲 )

#### 概要

高純度、高密度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いた従来よりも格段にパワー ( 電力 ) と蓄電量が大きなキャパシタを開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### 技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、 $20 \text{ Wh} / \text{Kg}$  の高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

#### 研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 革新的省エネセラミクス製造技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

小型炉設備で生産可能な小型セラミック中空ユニットを複数組みあわせることで、これまでその製造が難しかった複雑形状かつ大型セラミクス部材を省エネで製作することができる革新的なセラミック部材製造技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2013年度までに、高機能化された小さな精密ブロックを立体的に組み上げ、高効率で接合、一体化をし、複雑形状や大型の部材を製造可能とする革新的なプロセス技術の基盤を確立し、高耐性部材、高温断熱部材及び高比剛性部材の試作を行う。

研究開発期間

2009年度～2013年度

(5) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融(インフライトメルティング法)し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(6) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)(再掲)

概要

革新的な高効率送電技術を確立して高温超電導ケーブルの実用化を促進するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材(DI-BSCCO等)を活用し、首都圏の系統に接続する実証試験及び評価を行う。

なお、本事業は、発電用施設による電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

研究開発期間

2007年度～2012年度

(7) 発電プラント用超高純度金属材料の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

超高純度金属材料を発電設備の蒸気配管等に実用化することを目指し、高純度金属材料の高度化に向けた低コスト・量産化製造技術を開発し、実使用環境における超高純度金属材料の耐久性試験等を行う。

なお、本事業は、発電用施設における電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2009年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(8) セラミックリアクター開発(運営費交付金)(再掲)

概要

低温域かつ高効率なエネルギー変換を可能とする次世代型セラミックリアクターの実現のため、世界最高効率の燃料電池マイクロセルの集積構造技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時(650以下)での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証(出力性能2kW/L等)を行う。

研究開発期間

2005年度～2009年度

( ) 資源制約の克服

(1) 希少金属代替材料開発プロジェクト(運営費交付金)

概要

ハイテク製品の製造に不可欠であり世界的な需給逼迫が懸念されるレアメタル(タングステン、インジウム、ディスプロシウム)について、ナノテクノロジー等の最先端技術を活用して、代替材料開発・使用量削減を行う。なお、平成21年度からは、これまでの対象3鉱種に加えて、白金、セリウム、テルビウム等も研究開発の対象とする。

技術目標及び達成時期

タングステン、インジウム、ディスプロシウムについては2011年度までに、白金、セリウム、テルビウム等については2013年度までに、使用原単位について現状と比較して削減ができる製造技術を開発し、ユーザー企業、大学等の外部機関に対して機能

評価のためにラボレベルで提供（試料提供）できる水準に至るまでの技術を確立することを目標とする。また、製品の機能や製造コストは現状と同等であることを少なくとも維持することを前提とする。

〔対象元素〕

- ・超硬工具向けタンゲステン（W）
- ・透明電極向けインジウム（In）
- ・希土類磁石向けディスプロシウム（Dy）
- ・排ガス浄化向け白金族（Pt）
- ・精密研磨向けセリウム（Ce）
- ・蛍光体向けテルビウム、ユーロピウム（Tb、Eu）

研究開発期間

2007年度～2013年度

## （ ）環境制約の克服

### （1）グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発

概要

化学品等の製造プロセスにおけるシンプル化、クリーン化、原材料・資源の多様化・有効利用、更に、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等を実現し、産業競争力強化、国際規制の先取りを図って、将来にわたっても持続的に化学品等を製造するための必要なGSC（グリーン・サステナブルケミストリー）プロセスを開発する。

技術的目標及び達成時期

2015年度までに、有害な化学物質を削減できる又は使わない革新的な製造プロセス及び化学品の開発、廃棄物、副生成物を削減できる革新的な製造プロセス及び化学品の開発、資源生産性を向上できる革新的な製造プロセス及び化学品の開発を行う。

研究開発期間

2008年度～2015年度

### （2）革新的マイクロ反応場利用部材技術開発\*（運営費交付金）（再掲）

概要

マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成

することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### (3) 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト(運営費交付金)

概要

我が国で発見された光触媒技術の新産業分野開拓を目指し、サイエンスにさかのぼることにより、紫外光のみならず、可視光レベルでの性能・機能の飛躍的な向上のための技術基盤を構築する。これにより、従来では困難とされてきた医療関連分野や住宅建材分野、環境関連分野等に光触媒技術を導入し、光触媒の最大のメリットである自然エネルギーを利用した安心・安全な環境を提供できる技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、材料レベルで紫外光応答型2倍、可視光応答型10倍の感度向上を達成し、その高感度光触媒を適用した薄膜プロセス技術の基盤技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

### (4) 高感度環境センサ部材開発\*

概要

ダイオキシンをはじめとする極微量有害有機物質を超高感度で安価かつ簡易に計測するために、高感度セラミックセンシング材料を用いた環境センサーを開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、ダイオキシン類、エストラジオール及びビスフェノールAについて、 $0.001 \text{ ng} \cdot \text{ml}$ の濃度において有意な電気信号として検出し得る小型・携帯型計測器に挿入可能な寸法のセンサ部材の開発を目標とする。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### (5) 次世代高信頼性ガスセンサ技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサ素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサ(COセンサ・メタンセンサ)を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジー及びMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性(数百ppm以下の故障率)、低コストなCOとメタンのセンサを開発する。



研究開発期間

2008年度～2011年度

### ・材料・部材領域

極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域について、ユーザー製造業等との連携（川上・川下連携）を促進し、高度な部材産業群の「すり合わせ力」を一層強化する。

#### （1）鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発（運営費交付金）（再掲）

##### 概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造体を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる（1）高級鋼厚板（高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼）溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術（高密度・清浄熱源溶接技術）、及び金属組織制御技術を基本とする材料技術（クリーブ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた）の開発、（2）部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術（駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた）の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

##### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板（高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼）の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### （2）超ハイブリッド材料技術開発（運営費交付金）

##### 概要

従来実現が不可能と考えられていた相反する複数機能（トレードオフ機能）を両立できる材料を、異種素材の組合せ（ハイブリッド化）により実現するための技術を開発する。要素技術として、異種材料間の界面挙動をシミュレーション技術等により解明し、ナノレベルよりもさらに微小な原子・分子レベルでのハイブリッド化構造・配列制御のための合成技術を開発する。従来の単一材料では実現困難であったトレードオフの性能を引き出すことで、自動車用構造材料、パワーデバイス用材料、光学材料等を出口イメージとした、高機能革新部材製造に必要な技術基盤を開発する。

##### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、電気・電子材料、光学材料、その他工業材料について従来材料では実現できなかった相反機能を解消するとともに、市場評価が可能な成果物を供試し、市場（ユーザー）から、客観的な実用化研究開発課題を抽出する。また、単なる相反機能の解消ではなく、相反機能を制御・実現する技術を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発\* (運営費交付金)

概要

電界紡糸や溶融紡糸等により創製される極微細な繊維状材料に対してナノオーダーの成形加工や微細な界面加工ならびに複合化することで材料を高機能化した革新的部材を創出する。高機能新材料を求めるユーザーの要望を満たす繊維の極微細加工と高次複合化を解決する基盤技術開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、電界紡糸法による繊維高機能化、大型装置化技術およびナノ溶融分散紡糸法による超極細炭素繊維製造技術を開発し、これら基盤技術を活用して、高性能・高機能電池用部材、高性能・高機能フィルター用部材、高性能・高機能医療衛生用・産業用部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 次世代光波制御材料・素子化技術\* (運営費交付金) (再掲)

概要

ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発 (運営費交付金)

概要

複合化金属ガラス(金属ガラスマトリックス中に第二相として微結晶や微粒子または微小空隙等を分散させたもの)を創製して、次世代高密度記録媒体、超微小モータ用部材および高強度・高導電性電気接点部材を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、複合化金属ガラス合金を創製し、従来の金属ガラス単層合金の持つ優れた特徴に加えて、塑性加工性、硬磁気特性、高電気伝導性等を付与する。この複合化金属ガラスの新規特性を用いて、従来の金属ガラス単層合金では為しえなかった革新的部材の開発を行い、さらに多様な工業製品に応用することで、我が国産業の優位性を確保する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

( 6 ) マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト\* ( 運営費交付金 )

概要

マグネシウム合金部材について、製品歩留まりが高く、高耐疲労性を付与する鍛造技術の開発を行う。また、循環型素材としてのマグネシウム合金部材の特性を活かし、リサイクル材の鍛造用ビレット化に係る課題抽出を行う。当該技術開発により、マグネシウム鍛造部材製造技術の基盤を構築し、我が国の家電、自動車等の川下産業の競争力の強化に不可欠な高度部材を供給する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに高強度・高耐疲労・加工性に優れたマグネシウム鍛造技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

・ 共通基盤領域

ナノテクノロジー、部材分野の研究開発に必要な加工・計測・解析技術等の共通基盤の確立とともに、リスク不安に対処したリスク管理手法を開発し、社会に貢献する産業化の支援を相互的に推進する。

( 1 ) ナノ粒子の特性評価手法開発 ( 運営費交付金 )

概要

ナノ粒子のキャラクタリゼーション、計測技術の確立とともに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びナノテクノロジーによるリスク不安に対処したリスク管理手法を開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びリスク評価手法を開発し、ナノ粒子のリスク評価及び管理の考え方の提言を行う。

研究開発期間

2006年度～2010年度

注：\*印のある研究開発プロジェクトは、2006年度より開始された新産業創造高度部材基盤技術開発の一環として実施しているもの。

## 5. 政策目標の実現に向けた環境整備（関連施策）

ナノテクノロジーは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの分野における科学技術の進歩や課題解決に貢献する重要な技術シーズである。そのため、ナノテクノロジーの研究開発と一体となった関連施策を実施することで、その成果を市場に出していくことが重要である。主な関連施策を、以下に示す。

### 〔技術戦略マップ〕

- ・NEDO及び経済産業省では、技術戦略マップを策定、毎年改訂し、ナノテクノロジー・部材分野の将来の方向性を見定めながら、合理的かつ効果的な研究開発プロジェクトを推進している。また、技術戦略マップを活用して、多様な連携（川上川下の垂直連携、異業種間の水平連携など）による研究開発を促進、支援し、当該分野の技術革新を促進している。

### 〔サンプル提供・実用化促進〕

- ・NEDOでは、実施するナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクト成果のサンプルを対象として、それらを活用した用途の開発、実用化ないし製品化提案を有する企業とのマッチングを図ることで、プロジェクトの事業化を促進する取組みを実施している。

### 〔標準化〕

- ・経済産業省では、ナノテクノロジー関連の研究開発成果を社会及び市場等に普及するための環境整備として、ナノテクノロジーの標準化活動（ISO/IEC、JIS）を推進している。

### 〔広報〕

- ・ナノテクノロジーに関する先端技術及び製品等の世界最大の展示会である「nano tech」が毎年日本で開催されている。

### 〔社会受容〕

- ・ナノテクノロジーの産業化の推進とともに、ナノ粒子のキャラクタリゼーション技術や人の健康や環境に及ぼす影響等の潜在的な課題に関する知見を蓄積する等のナノテクノロジーの社会受容に対する取組みを推進している。
- ・経済産業省では、2006年度から「ナノ粒子の特性評価手法開発」を開始し、工業ナノ粒子の有害性評価手法、また、そのリスク評価手法の確立を目標としたプロジェクトを開始しているところ。
- ・OECDでは、2006年9月、化学品委員会に工業ナノ材料作業部会（WPMN）が設置され、代表的な14種の工業ナノ材料について、試験計画の合意と試験実施を目的とする「スポンサーシッププログラム」が実施されている。スポンサーシッププログラム対象物質のうち、カーボンナノチューブ（単層、多層）、フラーレンの3物質については日本が中心となって担当し、「ナノ粒子の特性評価手法開発」等の成果で貢献している。

### 〔人材育成〕

- ・経済産業省では、「製造中核人材育成事業」を実施しており、産学連携による波及効果の高い人材育成プログラムを開発、実践している。ナノテクノロジー関連の人材育成プログラムも複数実施している。

（例）ナノテク製造中核人材の養成プログラム

概要：情報家電、燃料電池、ロボット、医療機器、バイオ等の応用分野において、その産業の基盤と創出を支える中堅企業を対象として、「基礎加工技能・技術、特殊な要素技能・技術に習熟し、製造技術の高度化を図る人材」及び「豊富なナノ加工プロセスの知識や先端機器を使いこなすノウハウ等を習熟し、製造現場の技能・技術を統括できず人材」を育成するもの。

- ・ N E D Oでは、我が国の産業技術の発展のため、先端分野や融合分野の技術を支える人材の育成と、人的交流の面から産学連携を促進するための「場」の形成を促進する取り組みを実施している（N E D O特別講座）。具体的には、優れた成果を生み出しつつあり、大学が技術の中核となっている研究開発プロジェクトをコアプロジェクトとし、そのプロジェクトリーダーの所属大学に拠点を設置し、関連技術の人材育成、人的交流の拡大、周辺研究の実施を行うもの。ナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクトも複数実施している。

〔関係機関との連携〕

- ・ ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち新材料・新構造ナノ電子デバイスプロジェクト、希少金属代替材料開発プロジェクトにおいては、文部科学省との合同会議を設置するなど、連携しつつプロジェクトを推進している。

〔他省庁との連携〕

- ・ 総合科学技術会議 / 連携施策群において、「ナノバイオテクノロジー」「ナノテク研究推進と社会受容」等が設置され、関係省庁と連携して実施している。

## 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

## 7．改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け制定。
- (2) 平成14年2月28日付け制定。材料ナノテクノロジープログラム基本計画（平成12・12・27工総第16号）は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成14・02・25産局第8号）は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成15・03・07産局第1号）は、廃止。
- (5) 平成17年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成16・02・03産局第7号）は、廃止。
- (6) 平成18年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成17・03・25産局第4号）は、廃止。
- (7) 平成19年4月2日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成18・03・31産局第13号）は、廃止。
- (8) 平成14年2月28日付け制定。
- (9) 平成15年3月10日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成14・02・25産局第9号）は、廃止。
- (10) 平成16年3月7日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成15・03・07産局第5号）は、廃止。
- (11) 平成17年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成16・03・07産局第5号）は、廃止。
- (12) 平成18年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成17・03・25産局第3号）は、廃止。
- (13) 平成19年4月2日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成18・03・31産局第14号）は、廃止。
- (14) 平成20年4月1日付け、ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成19・03・20産局第1号）および革新的部材プログラム基本計画（平成19・03・19産局第4号）は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (15) 平成21年4月1日付け制定。ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画（平成20・03・24産局第1号）は、廃止。

(ナノテク・部材イノベーションプログラム)  
「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」基本計画

環境部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

我が国の光触媒産業は、国際的に高い技術力と競争力を有し、世界をリードしている。光触媒市場は、平成15年現在で国内約550億円、世界で約900億円である。最近は、市場規模において年率20%の伸びを示しており、EU、米国をはじめ中国を筆頭としたアジア諸国の技術力向上によるキャッチアップが進行し、市場進出も活発化している。そのため我が国において産学官を含む連携の強化を図ることで、次世代の光触媒分野でのイノベーションを促進することが喫緊の課題となっている。

そこで本プロジェクトは、「情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすること」を目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として実施する。

近年、生活環境を脅かす様々な問題が顕在化しており、早急な解決に向けた技術開発が求められている。具体的には、室内外の環境破壊を促進する多種多様な有害化学物質への対策、院内感染問題を始めとする抗菌・抗ウイルス対策、土壌汚染対策等が強く望まれており、国の施策のもと健全な経済産業活動と安心・安全な生活環境の実現が急務となっている。

光触媒は紫外線域の光に反応し、強い酸化分解効果を有するため、防汚抗菌用途等に活用されつつある。近年においては光触媒が持つもう一つの特徴である、超親水性に着目した研究が進められており、住宅やビル等の外壁や窓等に塗布又は担持させた光触媒の表面に微量の水を均一に流下させる際の蒸発潜熱による都市空間の冷却技術が地球温暖化対策として期待されている。さらに、平成13年には可視光域の光を吸収し酸化分解効果を有する可視光応答型光触媒も開発されており、密閉性の高い省エネルギー型住宅等に見られる有害化学物質（厚生労働省が室内濃度指針値を定めているもの）の滞留低減に効果を発揮することも確認されている。独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）では、平成15年～17年にかけて「光触媒利用高機能住宅用部材プロジェクト」においてこの光触媒の超親水性を利用した冷房空調負荷低減システム及び可視光応答型光触媒を適用した室内環境浄化部材の開発を手掛け、その有効性を実証している。

NEDO は、わが国発祥の「酸化チタン光触媒技術」を、国際競争力のある産業に育成する

ため、産学官における研究開発の第一人者を結集した集中研究室を大学に設け、オールジャパン体制で産業創成を指向した新プロジェクトを強力に推進する。

本プロジェクトでは、集中研におけるサイエンスに基づいた現象解明をベースとした高感度光触媒材料開発のもと、光触媒の最大のメリットである「自然エネルギー利用による省エネルギー」「メンテナンス省力化による省エネルギー」「環境負荷低減による省資源と省エネルギー」といった点を活かし、住宅建材を中心とする市場、環境対応素材を必要とする多様な製品市場、安心・安全な環境を提供する医療関連市場、気体処理・水処理を中心とする環境改善装置市場等の拡大につながる新素材や新システムに関して、川上から川下まで一体となった開発を実施し、世界に冠たる光触媒産業を創成することを目的とする。

## (2) 研究開発の目標

[最終目標] (平成23年度 ※③、⑤については、平成24年度)

### ① 光触媒共通サイエンスの構築

中心となる大学に集中研究室を設置し、産学官共同で高度研究開発を行なうことにより、平成23年度に、ラボレベルにおける活性度評価において現状と比較して紫外光活性2倍、可視光活性10倍の高感度化を達成する。

### ② 光触媒基盤技術の研究開発

光触媒製品の低コスト・省エネルギー製造プロセスに適した、光触媒粒子、コーティング液、成膜方法等の基盤技術を開発する。

### ③ 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

室内環境でも高い効果を発揮する高感度可視光応答型光触媒材料を開発し、内装部材として製品化の目途を得る。

### ④ 酸化チタンの新機能創出

撥水性酸化チタン、親水-撥水変換技術、強磁性等の新しい物性の探索、エネルギー貯蔵材料との複合化技術等を開発することにより酸化チタンの新機能を創出する。

### ⑤ 光触媒新産業分野開拓

揮発性有機化合物 (VOC: Volatile Organic Compound) 等の除去システム、土壌浄化システム、実環境におけるウィルス・細菌の不活性化システム等を開発することにより、光触媒の新産業分野を開拓する。

[中間目標] (平成21年度)

### ① 光触媒共通サイエンスの構築

中心となる大学に集中研究室を設置し、産学官共同で高度研究開発を行なうことにより、中間目標：平成21年度までに、紫外光活性並びに可視光活性の飛躍的な向上に向けて

- ・ 吸収強度、反応活性向上のための理論計算による高機能光触媒材料の複合元素組成に関する設計仕様の確立、
- ・ 反応活性向上に向けた構造制御に関する原理の完成、



- ・光触媒反応活性の評価方法の確立、
- ・光触媒の研究開発に特有な複数の大学・企業間が保有する知的財産の有効活用に関する指針作成、

を行う。

## ②～⑤

当該プロジェクトはテーマ公募型を主体として運営するため、提案採択時に提案内容を精査の上、中間目標を設定する。

### (3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

#### 【共通基盤技術；委託事業】

- ① 光触媒共通サイエンスの構築

#### 【実用化技術；委託事業、助成事業（助成率 2 / 3）】

- ② 光触媒基盤技術の研究開発
- ③ 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発
- ④ 酸化チタンの新機能創出
- ⑤ 光触媒新産業分野開拓

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDO が、単独ないし複数の原則本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない）、大学等から公募によって研究開発実施者を選定し実施する。

共同研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体には NEDO が指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）国立大学法人 東京大学 教授 橋本 和仁を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

本研究開発において、NEDO が主体となっていくべき基礎・基盤的研究開発であると判断される研究開発項目①については委託により実施する。研究開発項目②～⑤における薄膜化、表面修飾、抗菌・抗ウイルス等に関する基礎・基盤的研究開発は委託により実施し、市場化に向けた産業界の具体的な取り組みが示されるべき実用化研究開発であると判断される製品化開発については助成（助成率 2 / 3）により実施する。

(注) 助成率に関しては、プロジェクトの途中段階で見直しが行われる可能性があり得る。

## (2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的および目標、並びに、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

## 3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成 19 年度から平成 23 年度までの 5 年間とする。ただし、加速予算による実証実験の期間延長に伴い、平成 24 年 8 月 31 日まで期間を延長する。

## 4. 評価に関する事項

NEDO は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成 21 年度、事後評価を平成 24 年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じてプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況に応じて前倒しする等、適宜見直しするものとする。

## 5. その他の重要事項

### (1) 本プロジェクトを核とした人材育成、産学連携等の総合的展開事業について

本プロジェクトをコアプロジェクトとして、人材育成、産学連携等の事業「新環境科学創成のための人材育成・異分野融合拠点化事業」をコアプロジェクトの採択先へ委託し実施する。事業の目的、目標、実施内容等については、実施方針に定める。NEDO は、政策的・技術的観点、事業の意義、成果、普及効果等の観点から、事業評価実施規定に基づき、毎年度事業評価を実施する。なお、平成 21 年度に有識者へのヒアリング等を活用した中期目標期間に係る事業評価を実施し、平成 24 年度に事業終了直後における事後評価を実施する。

### (2) 研究開発成果の取扱い

#### ① 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

研究開発成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

#### ② 知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備又は標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準化情報 (TR) 制度への提案等を積極的に行う。特に標準化については、我が国発祥の光触媒技術のグローバルスタンダード化を目指し、JIS

化・ISO化に向けて積極的に推進する(平成18年度より標準化調査事業を開始している)。

なお、標準化事業は、試験・評価方法、基準・プラットフォームの提案等、国民経済的には大きな便益がありながらも、民間企業の研究開発投資に見合うものが見込めない「公共財の研究開発」であり、委託事業として実施する。

### ③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に係わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

## (3) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

## (4) 根拠法

研究開発については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第2号及び第15条第1項第3号に基づき実施する。

「新環境科学創成のための人材育成・異分野融合拠点化事業」については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第8号及び第15条第1項第10号に基づき実施する。

## (5) その他

本研究によって得られる、本研究の過程又は成果に基づき開発したプログラム、サンプル若しくは装置等の成果物について、本プロジェクト外(国内外)への供試・開示については、事前にNEDOに連絡する。その際に、NEDOが申請書の提出を求めた場合は、これに応じ速やかに提出する。

## 6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成19年3月、制定。

(2) 平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。

(3) 平成21年6月、事業内容の追加等による改訂。

(4) 平成22年3月、事業内容の追加等による改訂。

(5) 平成23年7月、根拠法の改正による改訂。

(6) 平成24年1月、加速予算による実証実験の期間延長に伴う変更。

## (別紙) 研究開発計画

### 研究開発項目①「光触媒共通サイエンスの構築」

#### 1. 研究開発の必要性

現在上市されている光触媒製品は、紫外光応答型光触媒を用いた製品が中心であり、外装建材、浄化用フィルター材を中心に着実に市場が拡大しているものの、紫外線の少ない室内等での利用は限られている。こうしたなかで2001年には部分的に可視光を吸収する光触媒が我が国で開発されたが、その性能は現状では室内等の環境で使用するには不十分である。このような紫外線の少ない環境下での光触媒の潜在的ニーズを含めれば、光触媒市場は今後20年間で3兆円近くにまで達するものと見込まれており、可視光照射下においても高い光触媒効果が現れ、消費者や利用者がそれを実感できる製品を普及させるために十分に高感度な可視光応答型光触媒材料の開発が急務となっている。

これまで、光触媒の高感度化のための研究開発は為されてきたが、その多くは既存材料の改良であり、飛躍的な特性の改善にはサイエンスに遡って基礎研究から見直すことが必須である。そこで本項目では、固体物理や表面科学をベースとした理論科学に基づく新物質設計指針の確立、ならびに、その設計指針を具現化するための合成法やプロセスを確立することで新物質創成を進め、光触媒共通サイエンスを構築し、最終的には材料開発を行う企業への技術移転を促進する。また、こうした光触媒共通サイエンスは、従来の光触媒の用途展開以外に、付加価値のある新規物性・機能性の創出にもつながることが期待される。

このような光触媒共通サイエンスの構築のため、研究者、技術者の交流・議論が活発におこなわれる集中研究室を大学に設置する。集中研究室体制は、研究投資（経費と人材）の集中化、他企業の商品への転用可能性、優れた技術の利用範囲の拡大といったシナジー効果を期待できる。

#### 2. 研究開発の具体的内容

光触媒は半導体材料であり、その物性はバンド構造、特に価電子帯、伝導帯のエネルギー位置、禁制帯幅、禁制帯内の準位などに支配される。固体物理をベースとした材料設計、理論計算の手法を用い、光触媒のバンド構造を制御し、高感度化光触媒新物質を創出するための設計指針を確立する。また、設計した新物質を具現化するためソルボサーマル法をはじめとする様々な光触媒合成手法及び各種表面処理手法を開拓する。さらに、結晶構造の異なるドーパ型酸化チタンの機能複合化技術の開発やドーパ型酸化チタンの高感度化因子の解明を進め、不純物ドーパなどの基盤技術を開発する。また、光触媒に可視光での活性を付与するため、可視光を吸収することが可能な金属・金属錯体・金属酸化物等の異種材料との複合材料を開発する。一方、酸化チタンのナノ構造は、電子・正孔の寿命や移動度に影響を及ぼす重要な要素であるため、最適なナノ構造を設計することで更なる高感度

化光触媒を開発する。中でも、酸化チタンナノチューブやナノロッドは従来のナノ粒子に対し優位性を示す例も多く報告されており、陽極酸化法、水熱合成法による高活性酸化チタンナノチューブやナノロッドの開発をおこなう。以上の光触媒材料について、光触媒反応の照射光波長依存性解析によって光触媒の機能を適切に評価するとともに、電子と正孔の再結合が少ない高結晶性かつ大表面積の光触媒調製法を開発する。また、酸化チタンの結晶形の最適化や結晶配向性の制御、水酸基状態などの表面構造の最適化等によって、高感度な光触媒材料を開発する。さらに、酸化還元エネルギーを蓄えて有効活用する光触媒を開発する。これらの光触媒共通サイエンスをベースに、従来の光触媒よりも紫外光での活性が2倍、可視光での活性が10倍の新物質を創出する。また、こうした光触媒共通サイエンスをもとに、新規産業創出につながるような付加価値のある新規物性・機能をもつ材料の探索をおこなう。技術移転がスムーズにおこなわれるような知的財産の活用システムを構築し、さらに評価方法を確立する。

### 3. 達成目標

集中研究室の体制をとり、研究者、技術者の相互の交流を活発化し高度研究開発を行なうことにより、以下の目標を達成する。

#### [最終目標]

平成23年度に、ラボレベルにおける活性度評価において現状と比較して紫外光活性2倍、可視光活性10倍の高感度化を達成し、光触媒共通サイエンスを完成させる。

#### [中間目標]

平成21年度までに、紫外光活性ならびに可視光活性の飛躍的な向上に向けて、

- (1) 吸収強度、反応活性向上のための理論計算による高機能光触媒材料の複合元素組成に関する設計仕様を確立する。
- (2) 反応活性向上に向けた構造制御に関する原理を完成させる。
- (3) 光触媒反応活性の評価方法を確立する。
- (4) 光触媒の研究開発に特有な複数の大学・企業間が保有する知的財産の有効活用に関する指針作成を行なう。

## 研究開発項目②「光触媒基盤技術の研究開発」

### 1. 研究開発の必要性

光触媒共通サイエンスに基づいて設計された光触媒材料を建築部材や環境浄化フィルター等に広く応用させるためには、高品質の製品を低コストで提供しうる製造プロセスの開発が重要となる。こうした製造プロセスの開発は、前記高感度化光触媒の製造に限らず、既に大きな市場を形成している従来の光触媒製品の更なる市場規模拡大に対しても多大な貢献をもたらす。製造プロセスには、光触媒材料の製造、粒子を安定に分散したコーティング液の製造、部材・担体へのコーティングといった一連の工程を含み、それぞれの工程の低コスト化、省エネルギー化が望まれている。具体的には、高感度化光触媒の大量合成技術、高分散で安定なコーティング液の開発、大面積を高速で成膜できるインライン製造プロセスの開発等光触媒産業の発展にとっては極めて重要な課題であり、今後の市場規模拡大のため早急に検討する必要がある。本項目では、高品質な光触媒製品を低コストで製造するために最適な光触媒材料の製造方法、コーティング液の製造方法、成膜方法等を検証し、光触媒の基盤技術を開発する。

### 2. 研究開発の具体的内容

高感度化光触媒の低コスト・大量合成技術を開発する。また、前記高感度化光触媒のコーティング液の製造技術を開発する。安定なコーティング液の製造のため、最適な分散剤や分散媒の検討を行い、且つそれらに適した分散方法を開発する。更に、前記コーティング液を用い、部材や担体に低コストで成膜する技術を開発する。基材の材質や形状に応じたスプレー法等の湿式プロセスやスパッタ法等の乾式プロセスを検討し、高速成膜や大面積成膜を目的としたインライン製造プロセスを確立する。また、製造工程に含まれる加熱処理温度の低減等、低コスト・省エネルギーに寄与する要素の最適化を行うことによって、光触媒製品の更なる普及を目指す。

### 3. 達成目標

#### [最終目標]

上記光触媒基盤技術の研究開発により、以下の目標を達成する。

- (1) 高感度化光触媒の低コスト・大量合成技術を開発する。
- (2) 高感度化光触媒が安定に分散したコーティング液の低コスト・大量合成技術を開発する。
- (3) 湿式、乾式プロセスによる低コスト・大面積成膜プロセスを開発する。

#### [中間目標]

当該プロジェクトはテーマ公募型を主体として運営するため、提案採択時に提案内容を精査の上、中間目標を設定する。

## 研究開発項目③「高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発」

### 1. 研究開発の必要性

近年、生活環境の改善に向けた技術開発が求められている。特に、屋内におけるVOC等の有害化学物質を除去する材料開発や、院内感染問題の解決に寄与する抗菌・抗ウイルス材料開発が強く望まれている。本項目では、光触媒共通サイエンスに基づいて開発された高感度可視光応答型光触媒を内装材料に施工し、室内でのセルフクリーニング機能付与、気体処理（VOC、NOX）、抗菌・抗ウイルスに展開可能な技術を開発する。また、本項目では、①光触媒共通サイエンス、②光触媒基盤技術の研究開発で得られた知見を基に、内装部材への応用を図り、室内環境でもユーザーが高い効果を実感できる材料を開発する。住宅等の内装部材として高感度可視光応答型光触媒を施工し、実証評価をもって効果の確認を行い、室内でも有害化学物質処理効果や抗菌・抗ウイルス効果のある材料を開発する。

### 2. 研究開発の具体的内容

室内の使用環境や VOC 除去、抗菌・抗ウイルスの用途に適した材料、コーティング液、成膜技術を開発し、室内環境でも高い光触媒効果を発揮する部材を創出する。光触媒の基本性能以外にも、部材として要求される硬度や透明性、意匠性等の確保も検討する。室内環境での VOC 除去や抗菌・抗ウイルス効果を確認するための実証試験評価方法を確立し、内装部材への応用を図る。プロジェクトで開発された高感度可視光応答型光触媒について、病院等において年間を通じた実証実験を行い、ウイルス等への効果を検証する。

### 3. 達成目標

#### [最終目標]

高感度可視光応答型光触媒の内装部材への適用化開発により、以下の目標を達成する。

- (1) 高感度可視光応答型光触媒の内装部材へのコーティング特性、硬度、意匠性等部材としての基本性能を検証し、製品化の目処をつける。
- (2) 気体処理（VOC、NOX）、抗菌・抗ウイルスの室内環境での効果に関し、評価手法の確立、データベース化を行う。
- (3) 実証試験によって室内空間全体としての浄化レベルを把握する。

#### [中間目標]

当該プロジェクトはテーマ公募型を主体として運営するため、提案採択時に提案内容を精査の上、中間目標を設定する。

## 研究開発項目④「酸化チタンの新機能創出」

### 1. 研究開発の必要性

酸化チタン光触媒を構成するチタン元素は地球上の地表付近に存在する元素の割合を質量パーセントで表したクラーク数の順位では10位を誇り、数ある金属元素の中でも豊富な地球資源を有する大量生産に適した材料である。また、無毒で化学的にも安定であることから、身の回りの商品への応用に適した材料である。こうした酸化チタン光触媒のメリットを活かして、環境分野や医療関連市場、フォトニクス・エレクトロニクス・スピントロニクス分野の市場等の拡大につながる新素材や新システムを提供することができれば、我が国発祥の技術である酸化チタン光触媒の更なる市場の拡大につながる。酸化チタン表面は多くの酸化物と同様に元々親水性であり、光照射による超親水性を利用した様々な用途が提案されているが、撥水性表面を持つ酸化チタン膜や表面の親水-撥水を任意に変換する技術が創成できれば、新たな用途展開が期待できる。また、光触媒とエネルギー貯蔵材料を組み合わせることで、光触媒の用途の拡大が期待され、更なる市場の拡大につながる。更に、資源豊富で無害な酸化チタンをベースに、強磁性等の新機能を持たせることで、酸化チタンの新規市場の創出が期待できる。本項目では、撥水性酸化チタン膜、親水-撥水変換技術、エネルギー貯蔵材料との複合化技術、強磁性等の新しい物性の探索等により、酸化チタンの新機能を創出する。

### 2. 研究開発の具体的内容

撥水性酸化チタン膜を開発することで酸化チタン光触媒の新たな応用展開を図る。具体的には、酸化チタンの微構造制御、表面の化学修飾、他物質との複合化等の技術により、撥水性酸化チタン膜を作製する技術開発を行う。また、撥水性酸化チタン膜の防汚性、撥油性、透明性等の特性を把握し、用途展開の可能性を検証する。さらに、表面の親水-撥水の変換が可能な技術を開発するとともに、こうした技術のニーズを把握し、商品への最適な構成を明らかにする。また、光触媒とエネルギー貯蔵材料を複合させることで、光触媒の用途の拡大を促進するような技術を開発する。更に、強磁性等の酸化チタンの新しい物性を探索する。

### 3. 達成目標

#### [最終目標]

酸化チタン光触媒の新機能創出により、以下の目標を達成する。

- (1) 防汚性等の機能を持つ撥水性酸化チタン膜、繰り返し特性に優れた親水-撥水変換技術を確立する。
- (2) 光触媒とエネルギー貯蔵材料との複合化により、暗所において光触媒機能を維持する技術を検討し、その適用可能性を検証する。
- (3) 強磁性等の酸化チタンの新しい物性を探索し、その適用可能性を検証する。



[中間目標]

当該プロジェクトはテーマ公募型を主体として運営するため、提案採択時に提案内容を精査の上、中間目標を設定する。

## 研究開発項目⑤「光触媒新産業分野開拓」

### 1. 研究開発の必要性

光触媒は、「自然エネルギー利用による省エネルギー」、「メンテナンス省力化による省エネルギー」、「環境負荷低減による省資源と省エネルギー」といったメリットを有し、既に住宅部材を中心とする建築材料の用途に応用されている。一方、酸化チタン光触媒の安全、安価、安定性といった実績から、安心・安全な環境を提供する医療関連分野への市場拡大、並びに気体処理・水処理・土壌処理を中心とする環境改善システム分野への市場拡大など新産業分野への応用も期待されている。そこで、本項目では、光触媒を環境改善・浄化システム等の新分野へ応用するため、工場などの製造現場での VOC 低減システムや、半導体製造工場跡地等の土壌に含まれる VOC 除去システムの開発、実空間におけるウィルス・細菌の不活性化システムの開発等を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

VOC 等の有害物質を除去、分解するシステムを開発する。具体的には有害物質除去に適した光触媒材料、フィルター、光照射方法等を開発し、それらを組み合わせた最適なシステムの構築を行う。また、土壌の汚染物質に対しても光触媒材料を利用した浄化システムを開発する。用途展開を行なう上で、効果を確認するための小規模実証試験、大規模実証試験を行い、それぞれのシステムで改良を検討していく。更にウィルス・細菌の不活性化に対しては、精密にコントロールされた環境下におけるモデル実験に加え、空港等での実証実験を行い、システムを構築する。プロジェクトで開発された高感度可視光応答型光触媒について、病院等において年間を通じた実証実験を行い、ウィルス等への効果を検証する。

### 3. 達成目標

#### [最終目標]

光触媒の新産業分野の開拓を目指して気体処理・土壌処理を中心とした環境改善・浄化システムの検討を行い、以下の目標を達成する。

- (1) VOC 等の除去システムを構築し、実証試験による効果の検証を行う。従来の方式と比較してより省電力で、低コスト化を達成し、製品化の目途を得る。
- (2) VOC 汚染土壌の浄化に向けた最適な光触媒材料、システムを構築し、実証試験による効果を確認し、土壌浄化システムとしての適用可能性を検討する。
- (3) ウィルス・細菌の不活性化に対する光触媒の有効性を、精密にコントロールされた環境下におけるモデル実験に加え、実空間における実証実験で評価し、ウィルス・細菌の不活性化システムとしての適用可能性を検討する。

#### [中間目標]

当該プロジェクトはテーマ公募型を主体として運営するため、提案採択時に提案内容を

精査の上、中間目標を設定する。

部材分野の技術マップ(8 / 36)

| ID番号    | 対象部材<br>(中項目) | 対象部材<br>(小項目) | 出口から部材に対し求められる機能 | 求められる機能を発現する高度部材              | 評価指標         |                |         |                           |                |  |
|---------|---------------|---------------|------------------|-------------------------------|--------------|----------------|---------|---------------------------|----------------|--|
|         |               |               |                  |                               | サステナビリティへの寄与 | 目的への貢献・ボトルネック性 | 他機能への影響 | 学際・業<br>際研究<br>開発の<br>必要性 | 部材としての研究開発の必要性 |  |
| 3-02-19 | 建築用部材         | 火災安全用部材       | 外装・内装・骨格         | 不燃化・難燃化                       | 不燃化木材        |                |         |                           |                |  |
| 3-02-20 |               |               | 骨格               | 耐火性の付与                        | 耐火鋼材         |                |         |                           |                |  |
| 3-02-21 |               |               | 外装・骨格            |                               | 耐火塗料         |                |         |                           |                |  |
| 3-02-22 |               |               | 外装               | 熱流遮断                          | 断熱塗料         |                |         |                           |                |  |
| 3-02-23 |               |               | 骨格               |                               | 耐火被覆材        |                |         |                           |                |  |
| 3-02-24 |               |               | システム             |                               | 火災断熱・遮熱システム  |                |         |                           |                |  |
| 3-02-25 | 健康安全用部材       | 内装            | 脱VOC化            | 非VOC建材                        |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-26 |               | 内装            | 室内空気等浄化          | 化学物質・ウイルス等吸着建材(ナノポーラス・ゼオライト等) |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-27 |               | 内装            |                  | 化学物質・ウイルス等分解建材(光触媒等)          |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-28 |               | 内装            |                  | VOC吸収、有害物質防衛加工繊維              |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-29 |               | システム          |                  | 化学物質・ウイルス等吸着フィルター             |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-30 |               | 開口部           |                  | 花粉防止スクリーン                     |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-31 | 開口部用部品        | 自然換気システム      |                  |                               |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-32 | 快適住環境用部材      | 内装・開口         | 吸音・遮音            | 高性能吸音材                        |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-33 |               | 内装・開口         |                  | 高性能遮音材                        |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-34 |               | 内装・床          | 床衝撃音遮断床材         |                               |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-35 |               | 内装            | 電波吸収             | 電波吸収材                         |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-36 | 開口部           | 結露防止          | 無結露窓(窓+窓枠)       |                               |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-37 | 防犯・セキュリティ用部材  | 開口部           | 侵入防止             | 超高強度窓材                        |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-38 |               | 開口部(窓)        |                  | 防犯窓用フィルム                      |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-39 |               | システム          |                  | IT利用防犯システム                    |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-40 | リフォーム用部材      | 外装・骨格         | 補強               | 耐熱塗料                          |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-41 |               | 基礎            |                  | 簡易基礎補強材料                      |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-42 |               | 骨格・外装         |                  | ひび割れ充填材                       |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-43 |               | システム          |                  | 摩擦ダンパー                        |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-44 |               | システム          |                  | 簡易耐震用部材                       |              |                |         |                           |                |  |
| 3-02-45 |               | システム          |                  | 外付耐震補強工法                      |              |                |         |                           |                |  |

| ID番号    | 対象部材<br>(大項目) | 対象部材<br>(小項目) | 出口から部材に対し求められる機能                          | 求められる機能を発現する高度部材                         |
|---------|---------------|---------------|---|--|
| 3-03-01 | 生体適合部材        | 遺伝子治療用部材      | 安全性、導入効率、疾患部位指向性、細胞取り込み性、遺伝子移行の効率、特異的細胞認識 | ナノファイバー/炭酸アパタイトコンポジット                    |
| 3-03-02 |               | バイオチップ        | 高精度、高感度、高密度化                              | DNAチップ、タンパク質チップ(ダイヤモンド、DLC)              |
| 3-03-03 |               | 再生医療用部材       | 細胞増殖性、組織形成特性、細胞培養特性<br>生体適合性              | 繊維径制御材、細胞培養基質、ES細胞の大量・高効率培養<br>医療用ゲル、止血剤 |

## 部材分野の技術マップ(14 / 36)

|         |          |                     |   |   |
|---------|----------|---------------------|---|---|
| 4-03-02 | 環境負荷低減部材 | フィルター               | 高耐熱性、除去率向上、高濾過効率、高効率除去、耐熱性、低圧損、高透過性、ナノ粒子除去、水処理、吸着性、広表面積、イオン交換特性、吸着特性、環境浄化性能 | 高性能・超耐熱性ナノフィルタ、環境浄化用触媒担持ナノフィルタ、有害物質除去用高効率光触媒、超微粒子状物質の捕集用多孔体セラミックス・ナノ繊維・多孔体の空隙(形態制御)、排気ガス浄化用フィルター、アクティブ多孔体(表面制御による機能付与)、分離膜、選択透過膜(ナノ繊維、吸着膜、ろ過膜)、ケイ素系規則性ナノ多孔材料分離膜及び土壌改質、室内環境浄化・土壌浄化材料 |
| 4-03-03 |          | 吸着剤                 | ガス吸着性   | 粒状物質捕捉(多孔体セラミックス)   |
| 4-03-04 |          | 高度水浄化               | 高効率電気分解   | ダイヤモンド電極  |
| 4-03-05 |          | グリーン触媒              | 触媒特性など物理化学的特性   | ケイ素系規則性ナノ多孔材料   |
| 4-03-06 |          | (光)触媒               | 防汚性、高感度、耐食性、高効率、VOC分解   | 光触媒材料、高密度高アスペクト加工が可能な耐食性、触媒作用を持つ材料、光触媒表面処理鋼板等の適用技術の開発、環境改善技術開発  |
| 4-03-07 |          | 構造材                 | リサイクル性、他ポリマーとの複合性、低毒性、マイクロ波による重合特性、低摩擦抵抗、特定条件発泡性、高靱性、高強度、軽量、高耐熱、低温・短時間反応    | ポリ乳酸、ナノ繊維、海洋生分解プラスチック、生分解性ポリマー、低摩擦抵抗生分解性コーティング剤、発泡性材料、構造制御されたFRP、建材・構造材(エンジニアリングプラスチック)   |
| 4-04-01 | プラント用部材  | 耐環境流体回路部材           | 耐熱性・耐久性、耐食性・耐放射線、耐食性・緻密性、耐クリープ性   | 化学プラント配管(チタン、耐熱炭素鋼)、原子力プラント材料(金属材料)、廃棄物発電用部材(蒸発管・過熱器管等)、プラント用配管類(高効率発電用ボイラチューブ、反応器、油井管)、熱交換器耐食材料  |
| 4-04-02 |          | 耐環境シール部材            | 耐熱性・耐久性   | オイルシール、ガスバリア(有機無機複合材料)  |
| 4-04-03 |          | 耐環境構造部材(耐蝕、耐熱、耐圧、等) | 耐久性、省エネ、耐摩耗性、耐熱性、耐食性、高強度、低コスト   | 超高温タービン翼部材(タービン翼)、ボイラ部材(ウェアリングノーズ等)、ディーゼル発電用部材(ピストンリング・シリンダライナ等)、塩素等の腐食雰囲気には強い耐熱構造部材  |
| 4-05-01 | 太陽電池     | 発電材料                | 高性能化、大面積化、省資源、省生産エネルギー、低コスト化、光触媒機能  | 薄膜シリコン合金材料、Inフリー化合物半導体材料、アンテナ系・光電荷分離系材料、高分子固体型色素増感材(高分子材料)、サブ波長構造形成有機太陽電池部材(有機)   |
| 4-05-02 |          | 電極材料                | 低抵抗化、低温製造、高透過率、省資源、バンド整合、電荷輸送性  | 非In系材料、多元系材料、高湿度低湿度対応プロトン伝導膜、異方性輸送(ナノ誘電体)、超ホール輸送材料(高分子、複合材料)  |
| 4-05-03 |          | 基板材料                | 低コスト、低温製造、軽量化、薄膜化   | 高バリア性ポリマー、長寿命ポリマー、超精密軽量セバレータ部材  |

## 部材分野の技術マップ(15 / 36)

|         |             |                  |   |   |
|---------|-------------|------------------|---|---|
| 4-06-01 | 移動体用軽量発電機   | 熱電変換部材           | 高出力、システムコンパティビリティ、低温作動、小型化                  | 熱電変換モジュール   |
| 4-07-01 | 二次電池・キャパシター | 高エネルギー密度キャパシタ    | 高エネルギー密度、高出力密度                              | 高エネルギー密度キャパシタ   |
| 4-07-02 |             | 高出力スーパーキャパシタ     | 高出力、長寿命                                     | 高出力スーパーキャパシタ  |
| 4-07-03 |             | スーパーキャパシタ用高誘電体材料 | 絶縁性、高誘電率                                    | High-k材料(有機無機複合材料)  |
| 4-07-04 |             | 二次電池電解液          | 電解特性<br>薄膜化<br>耐熱性、耐久性、耐食性                  | 電解液(イオン性流体)<br>高分子配列材料(強靱薄膜)<br>フッ素、ケイ素材料、有機蓄電材料                                  |
| 4-07-05 |             | 二次電池用活性物         | 電極性能、繰り返し特性                                 | 高出力活物質制御、電気二重層制御(レドックス材料)、ヒステリシスループ制御(可逆性材料)                                      |
| 4-08-01 | 光触媒水素製造部材   | 色素増感材            | 光触媒機能                                       | 高分子固体型色素増感材(高分子材料)  |
| 4-08-02 |             | 光合成太陽電池材料        | 光触媒機能                                       | アンテナ系・光電荷分離系材料  |
| 4-08-03 |             | 光触媒半導体材料         | 電荷輸送性                                       | 異方性輸送(ナノ誘電体)、超ホール輸送材料(高分子、複合材料)   |
| 4-08-04 |             | 隔壁               | 耐熱耐久性                                       | 高強度多孔質材料  |
| 4-09-01 | 水素製造部材      | 超イオン伝導電解質        | イオン導電性                                      | 超イオン伝導電解質材料(高分子材料、イオン性流体)   |
| 4-09-02 |             | イオン選択透過材料        | 選択透過性                                       | イオン選択透過性材料(多孔質、フッ素材料、フッ素代替)   |
| 4-09-03 |             | ガス(分子)選択透過材料     | 選択透過性                                       | ガス選択透過性材料(多孔質、複合材料)、分子選択透過セラミックス材料  |
| 4-10-01 | 産業機械用部材     | 構造材              | 制振性、比剛性                                     | 結晶性・微細構造制御部材、多孔質金属(鉄系、アルミ系、合金系金属)   |
| 4-10-02 |             | 摺動部材             | 耐摩耗、高温強度、耐食性                                | Ti - Si - C三元系化合物セラミックス   |
| 4-11-01 | ロボット用部材     | 骨格用構造材           | 高弾性、強靱性、高比剛性、高比強度                           | バネ材料(金属材料、高分子材料)、軽量骨格材料(セラミックス、有機無機複合材料)、重量骨格材料(金属材料、セラミックス) 軽量金属(マグネシウム・チタン)構造部材 |
| 4-11-02 |             | 駆動用部材            | 繰返特性・高出力、超微細駆動制御、圧電変換、高速応答性、低ヒステリシス性、圧電変換機能 | 高弾性変形、自己修復材(エラストマー、ゲル材料) 形状記憶金属人工筋肉(ニッケル-チタン等)、圧電変換材(高分子材料)、超微小ギア(高機能複合化金属ガラス)    |
| 4-11-03 |             | 駆動用構造部材          | 迅速応答  | ソフトマテリアル(ネットワーク材料、エラストマー)   |
| 4-11-04 |             | センサー             | 耐久性・耐候性、高精度感受性、スマートデバイス                     | 耐擦過材料(無機コーティング)、光学アレイ(透明材料、接着) インテリジェント材料、MEMS                                    |
| 4-11-05 |             | 表面部材             | 高品位、耐久、耐候、撥水撥油、セルフクリーニング、熱伝導、触感、質感          | 分散、高品位、耐久、耐候塗料(微粒子塗装)、撥水撥油(ナノ多孔表面)、光触媒、比熱制御(ゲル材料、複合材料)、ソフトマテリアル(エラストマー、ゲル材料、保湿材料) |

0. 共通基盤技術 / 材料製造技術 / 結晶粒制御技術・アモルファス化技術

(注) 指標はページ左最下部に記載

| ID番号     | 出口(主要製品)       | 材料系   | 部材名称           | 組織・構造面の特徴  | 製造技術の名称            | 製造技術の概要   | 実用化に向けた課題  | 指標 |   |   |   |   |
|----------|----------------|---|----------------|--|--------------------|---|--|----|---|---|---|---|
|          |                |   |                |  |                    |   |  | A  | B | C | D | E |
| 0-3-7-01 | FPDバックライト・照明   | アルカリホウケイ酸ガラス  | 蛍光材料           | ガラス中にナノ・ミクロンサイズの蛍光結晶が均一に分散した蛍光ガラス                      | 熱処理(分相-結晶化)        | 溶解後に熱処理法を行い、分相させることで組成を制御した後、ナノ・ミクロンサイズの蛍光結晶を有する高輝度なガラスを得る。                             | ・ガラス組成、熱処理条件の最適化による粒子組成、界面状態の制御<br>・高濃度分散<br>・デバイスへの複合化技術<br>・部材の特徴を最大限に生かしたデバイス設計 |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-02 |                | 酸化ガラス   | 蛍光材料           | ガラス中にナノ・ミクロンサイズの蛍光結晶を析出させることによって得られる蛍光ガラス              | 熱処理                | ガラス組成と熱処理温度を適切に制御することで蛍光体結晶(nm~μm)を析出させ、高輝度な蛍光板を得る                                      | ・ガラス組成、熱処理条件の検討による粒子組成、界面状態の制御<br>・高濃度分散<br>・デバイスへの複合化技術<br>・部材の特徴を最大限に生かしたデバイス設計  |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-03 |                | 酸化ガラス   | 蛍光材料           | ガラスの中に希土類酸化物ナノ結晶が析出した透明蛍光ガラス                           | ナノ細孔利用結晶析出         | ナノ細孔を有するガラスの細孔にナノ結晶を析出させ高輝度蛍光ガラスを得る(焼成により緻密化する場合あり)                                     | ・構造制御されたナノ母材の低コスト製造方法<br>・ナノ構造の制御による高輝度化が容易<br>・部材の特徴を生かしたデバイス設計(板材)               |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-04 |                | 酸化ガラス   | 透明蛍光材料         | ガラス膜の中にナノオーダーの微粒子が析出した蛍光ガラス                            | ソルゲル法              | ソルゲル法によってナノ粒子蛍光体を内部に固定化して高輝度蛍光ガラスを得る。   | ・膜、固定化粒子の安定性<br>・高輝度化<br>・コスト削減<br>・ソルゲル法の生産性の向上                                   |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-05 | 省電力照明          | Sr <sub>2</sub> MgSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub> 系  | 蛍光材料           | ケイ酸系のガラス中に希土類酸化物ナノ結晶が析出した蛍光材料                          | 熱処理(分相法を含む)        | 溶解-熱処理によってμm~nmのサイズの蛍光体結晶を生成させたガラスを得る。  | ・発光保持時間長寿命化(熱処理条件、ガラス母組成)<br>・新規な高性能蛍光材料組成の探索                                      |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-06 | (光学)異方性フィルム    | ポリオレフィン   | 結晶構造制御材料       | 分子配向を自在に制御した力学的異方性材料                                   | 異方性結晶制御技術          | 結晶の成長方向を制御することにより、流動方向のみならずさまざまな方向への分子配向を可能とする  | 分子構造設計と触媒、重合方法の探索<br>もしくは助剤、加工方法の探索  |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-07 | 光操作素子          | BaO-TiO <sub>2</sub> -GeO <sub>2</sub> , BaO-TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> 等                   | 非線形光学材料(SHG発生) | ガラス内部・表面に結晶層が析出した波長変換材料                                | 熱処理、電場-熱ポリング       | ガラス基板を熱処理することでナノ結晶相を選択的に析出させたガラス(熱)、ナノ結晶化ガラス表面に電場を印加し、熱処理をすることで結晶方向を配向させたガラス。(電場)       | ・配向制御<br>・適切なデバイス設計  |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-08 |                | 各種酸化物(Ba <sub>2</sub> TiO <sub>6</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> など)                          | 非線形光学材料(SHG発生) | ガラスの特定部位にナノ結晶が析出または、配向したナノ結晶が析出したガラス。                  | レーザー照射             | レーザー照射によって結晶の位置や配向を制御したガラス  | ・配向制御<br>・適切なデバイス設計  |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-09 |                | フッ化物ガラス、酸化ガラス   | 波長変換、光増幅材料     | ガラス中に波長変換能を有するナノ結晶が存在するガラス                             | 熱処理                | 熱処理によってナノサイズ結晶を内部に析出したガラスを得る  | ・組成の最適化<br>・適切なデバイス作製方法  |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-10 | レーザー発振、高屈折率レンズ | BaTiO <sub>5</sub>  | 真球ガラス高屈折率      | 通常の急冷法で作製不能なガラス  | 浮遊溶解法              | 無容器プロセスによる新規材料作製法   | 高速化と大型化  |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-11 | 窓材             | TiO <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 系 | 光触媒用材料         | ガラスの内部、または表面にチタニアが分散した光触媒用材料                           | 熱処理                | 溶解-熱処理によりガラス中(表面)にチタニアを選択的に析出させたガラス   | ・実用化可能なコスト、耐久性を満たす組成開発   |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-12 | 透明プラスチック代替     | ポリオレフィン   | 高透明            | 球晶サイズの均一・微細による高透明材料                                    | 微細球晶の形成技術          | ・溶解時における結晶前駆体の制御<br>・晶生成制御による超高密度化<br>・超臨界利用による造核剤の微分散化<br>・末端修飾ポリプロピレンと造核剤の反応制御による微分散化 | 結晶核剤の分散状態の制御   |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-13 |                | ポリエチレン  | 透明材料、接着材料      | 極性基・分岐構造含有ポリエチレン                                       | 極性基・分岐構造含有ポリマー製造技術 | 超高压ラジカル重合法で製造している極性基含有ポリエチレンを、低圧触媒重合法で製造することで、省エネルギー化とポリマー分岐構造制御による高品質化(高強度材料)を図る。      | ・新規シングルサイト重合触媒の開発<br>・分子構造設計と触媒、重合方法の探索  |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-14 |                | ポリオレフィン   | ナノ結晶           | らせん構造精密制御により微細結晶                                       | 分子構造制御技術           | ・連鎖長を精密制御したポリオレフィン<br>・剛直モノマーユニットを導入したポリオレフィン   | 触媒、重合技術の開発   |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-15 | 電子部品用材料        | 各種金属酸化物系ナノ粒子  | 電子デバイス用材料      | 数ナノm~数10nmの粒径の金属酸化物および金属の高結晶化粒子                        | CVD法、PVD法、溶液反応法など  | 気相、液相中でのnmオーダー微粒子の製造  | 微粒高結晶と溶液中の分散性の両立   |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-16 |                | 配向性セラミックス   | 無鉛圧電デバイス用材料    | Sr-Bi-Nb-O系など、無鉛圧電材料の結晶方位を任意の方向にそろえたセラミックス             | テンプレート焼結法、一方向凝固法など | テンプレート(種結晶)や温度勾配により結晶方位制御しながら焼結させる  | 所望の圧電特性を満たす結晶配向構造を実現するための焼結プロセス制御  |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-17 |                | 多層構造セラミックス  | テラヘルツデバイス用材料   | 電磁波の特性波長に整合した周期構造(1次~3次元)を持つセラミックス                     | 積層焼結法など            | 電磁波の変調にかなうフォトニック結晶構造体を成型して焼結  | 電磁波変調にかなう周期構造と精度を持った構造体実現  |    |   |   |   |   |
| 0-3-7-18 |                | 有機無機コンポジット  | フィルムコンデンサ用材料   | 10nm以下のセラミック粒子をポリプロピレン系などの有機系材料のマトリックスが囲んだ構造の数μm厚みのシート | 混練・延伸法など           | 高分子材料とnmオーダー無機材料のコンポジット化  | 有機マトリックス中への無機粒子の分散技術   |    |   |   |   |   |

A: 出口への貢献 / ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 技術的優位性  
 D: 基盤性  
 E: サステナビリティへの寄与

| ID番号    | 大分類   | 中分類 | 出口から部材に対し求められる機能 | 求められる機能を発現する高度部材              | 研究開発の方向性                 | 2006                                  | 2007                | 2008                                 | 2009             | 2010               | 2011                    | 2012            | 2013                         | 2014                  | 2015 | 2016         | 2017 | 2018       | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|-------|-----|------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------|------|--------------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 3-02-10 |       |     | 振動エネルギー吸収・減衰     | 制振材料                          | 粘弾性体                     | 高減衰化のための材料組成技術の開発                     |                     | 各種依存性(温度、周波数)をコントロールした材料組成技術の開発      |                  | 性能評価方法の標準化         |                         | 生産技術の開発         |                              |                       |      |              |      |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3-02-12 |       |     |                  | 制振・免震ダンパー用鋼材                  | リサイクル(スクラップ使用)ダンパー用鋼材の開発 | リサイクルダンパー用鋼材(低降伏点鋼)の開発                | 設計手法の開発             | エネルギー吸収部材の交換・リサイクル方法の標準化             |                  |                    |                         |                 |                              |                       |      |              |      |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|         | 建築用部材 |     | 目標               |                               |                          | 改正建築基準法 5 μg/m <sup>2</sup> h以下(F 以外) |                     | 継続的なVOC削減                            |                  |                    |                         |                 |                              |                       |      |              |      |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3-02-25 |       |     |                  | 脱VOC化                         | 非VOC建材                   | 木質系内装材                                | 低VOC接着剤、VOC発生抑制剤の開発 |                                      | 室内濃度シミュレーション技術開発 |                    | 内装材への成型技術(材料配合比、成形性)の開発 |                 | その他の機能性材料(吸着剤、調湿材等)との複合技術の開発 |                       |      |              |      |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3-02-26 |       |     |                  | 化学物質・ウィルス等吸着建材(ナノポーラス・ゼオライト等) | ナノポーラス内装材                | 天然吸着材料の探索                             |                     | 飽和吸着量の人為的増大                          |                  | 吸着機能と分解機能のベストミックス  |                         | 吸着物質選択性の付与      |                              | 複数の吸着物質選択性の付与         |      | 吸着量制御性の付与    |      |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3-02-27 |       |     |                  | 化学物質・ウィルス等分解建材(光触媒等)          | 光触媒内装材                   | 可視光応答光触媒の高活性化                         |                     | 該部材への光触媒担持方法                         |                  | 化学物質・ウィルス分解性能評価    |                         | インライン塗装に向けた材料設計 |                              | その他の機能性材料(調湿材等)との複合技術 |      | 実証試験、施工性の評価  |      | 性能評価方法の標準化 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3-02-28 |       |     |                  | VOC吸収、有害化学物質防衛加工繊維            | VOC吸収・有害化学物質からの防衛用内装材等   | VOC吸収機能の付与など後加工技術の開発                  |                     |                                      |                  |                    |                         |                 |                              |                       |      |              |      |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3-02-31 |       |     |                  | 自然換気システム                      | 自律換気システム                 | 有害気体物質センサーの開発                         |                     | 有害気体物質センサーへの選択性の付与                   |                  | 感知気体種類と換気動作必要量の標準化 |                         | センサーと換気システムの一体化 |                              | 検出量、機能性建材、換気量のベストミックス |      | 媒体を使った換気システム |      |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|         |       |     |                  | 健康安全                          | 目標                       |                                       |                     | アパート、ホテルの室内騒音推奨値: NC 25 - 30 騒音基準値変更 |                  | 基準適合住宅数の拡大         |                         |                 |                              |                       |      |              |      |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3-02-32 |       |     |                  |                               |                          | 高性能吸音材                                | 多孔質吸音材              | 集中荷重、衝撃または振動に対する耐久性向上                |                  | 床材等に向けた技術開発        |                         |                 |                              |                       |      |              |      |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |





部材分野の技術ロードマップ(32 / 73)

(4. 環境・エネルギー分野 / 建築用部材)

| ID番号    | 大分類 | 中分類       | 出口から部材に対し求められる機能 | 求められる機能を実現する高度部材                            | 研究開発の方向性           | 2006               | 2007        | 2008                    | 2009 | 2010   | 2011      | 2012          | 2013 | 2014 | 2015 | 2016            | 2017 | 2018        | 2019 | 2020 | 2021          | 2022        | 2023          | 2024 | 2025 | 2026 | 2027         | 2028 | 2029 | 2030 |  |
|---------|-----|-----------|------------------|---|--------------------|--------------------|-------------|-------------------------|------|--------|-----------|---------------|------|------|------|-----------------|------|-------------|------|------|---------------|-------------|---------------|------|------|------|--------------|------|------|------|--|
| 4-02-35 |     |           |                  | 機能性窓  | 多機能窓システム           | 超親水性光触媒窓システムの開発    |             |                         |      |        |           |               |      |      |      |                 |      | 調光機能の付与     |      |      |               |             | 調光波長範囲の制御性の付与 |      |      |      |              |      |      |      |  |
|         |     |           |                  |   | 太陽エネルギー制御窓         | 白濁式調光窓システムの開発      |             | 高断熱サーマロミック窓システム(ガラス)の開発 |      |        |           |               |      |      |      |                 |      | 探光制御システムの付与 |      |      |               |             | 調光波長範囲の制御性の付与 |      |      |      |              |      |      |      |  |
|         |     |           |                  |   | エレクトロクロミック式調光窓システム | ガスクロミック式調光窓システムの開発 |             |                         |      |        |           |               |      |      |      | 性能評価方法の標準化      |      |             |      |      | カラーバリエーションの整備 |             |               |      |      |      |              |      |      |      |  |
| 4-02-37 |     |           | 省エネルギー型室温制御機構    | 放射排熱システム(夜間天空放射を利用した蓄冷により、昼間冷房負荷を低減させるシステム) | 放射面の高効率化           |                    | 放射面の耐環境性の向上 |                         |      |        |           | 周囲建築物との整合性の付与 |      |      |      |                 |      |             |      |      |               | 性能・試験方法の標準化 |               |      |      |      | 反射・放射率制御性の付与 |      |      |      |  |
|         |     |           |                  | 蓄熱材利用熱制御システム                                | 材料設計・基本構造の開発       |                    |             |                         |      | 耐久性の向上 |           |               |      |      |      |                 |      |             |      |      |               |             |               |      |      |      |              |      |      |      |  |
|         |     | リフォーム     | 目標               |   |                    | 3%程度(平成11-)        |             |                         |      |        |           |               |      |      |      | 5%              |      |             |      |      |               |             |               |      |      |      |              |      |      |      |  |
| 4-02-44 |     | リフォームの容易化 | 易分解接着剤           | 易分解接着剤                                      |                    | 材料設計技術の開発          |             |                         |      |        | 材料評価技術の開発 |               |      |      |      | 超音波等による溶解剥離技術開発 |      |             |      |      |               |             |               |      |      |      |              |      |      |      |  |

研究テーマ名 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト

添付資料 4

研究目的

○背景、目的、必要性

①背景:光触媒技術は、我が国発祥の技術であり、その技術開発レベルは世界トップクラスである。2004年現在で国内市場は、約550億円、世界市場は、約900億円である。現在までは、紫外光応答型光触媒を用いた製品開発が主であり、外装建材、浄化用フィルター材を中心に着実に実用化が拡大している。また、2001年には、可視光にも応答可能な光触媒が開発され、室内環境も含めその潜在的なニーズは、今後20年間で、3兆円近くにまで達するものと見込まれている。

②市場ニーズ(目的):安心・安全に対する世界的ニーズが高まりつつある中、汚染土壌・排水処理、抗菌・抗ウイルスなどを可能とする材料開発が喫緊の課題となっている。また、光触媒製品市場を拡大し、且つ産業として持続させるためには、真の効果が期待でき、消費者、利用者がそれを実感できる製品を開発し、展開していくことが急務となっている。

③技術ニーズ:屋外以外にも室内環境を改善可能な可視光応答型光触媒の飛躍的な特性改善が強く望まれている。これを達成するには、サイエンスに基づく現象解明をベースとした研究開発とそれを具現化するプロセス開発が必要不可欠である。

プロジェクトの規模

○事業費と研究開発期間(目安として)

- ①事業費総額:12億円
- ②研究期間:5年(平成19~23年度)

技術戦略マップ上の位置付け

部材産業分野の省エネ部材、環境負荷低減部材、建築材料、光触媒、光触媒水素製造部材、に対応するものである。また、共通基盤技術の中の材料製造技術、加工技術に対応する項目を含む。

研究内容

○研究開発課題(目的達成のための技術課題)

- ①光触媒共通サイエンスの構築
- ②光触媒共通基盤技術の研究開発
- ③高感度光触媒材料の開発
- ④酸化チタンの新機能開拓
- ⑤光触媒新産業分野開拓

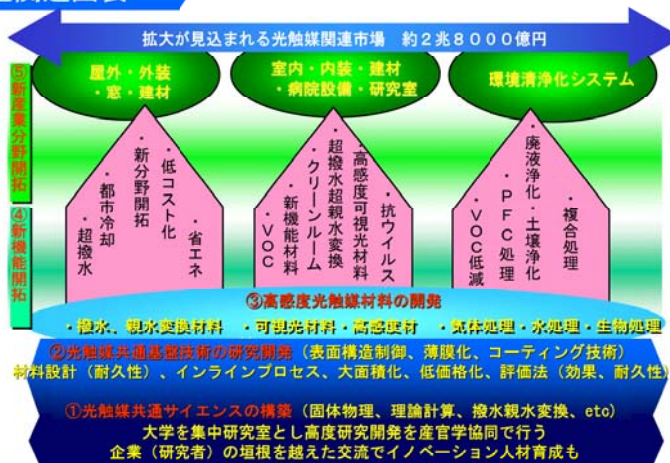
○キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ(課題を解決するためのポイントおよびその現状)

- ①第一原理を基に理論設計し、合成した可視光応答型光触媒は、市販のもの(窒素ドーパ型)に比べ、2倍弱の活性を発現。
- ②Ta,N同時ドーブや新規金属錯体の探索等による高感度な可視光応答型光触媒材料の創製。
- ③コーティング薄膜層表面ナノ構造制御等の製造プロセスの最適化による高感度化。

○目標値(技術水準)とその条件および設定理由(根拠)

- ①目標値:紫外応答型光触媒の感度2倍、可視光応答型光触媒の感度10倍向上
- ②設定根拠:感度2倍でコストが1/2に、感度10倍で紫外応答型と同等レベルの性能に。

その他関連図表



研究テーマ名 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト

2006年11月 現在

研究目的

○背景、目的、必要性

①背景:光触媒技術は、我が国発祥の技術であり、その技術開発レベルは世界トップクラスである。2004年現在で国内市場は、約550億円、世界市場は、約900億円である。現在までは、紫外光応答型光触媒を用いた製品開発が主であり、外装建材、浄化用フィルター材を中心に着実に実用化が拡大している。また、2001年には、可視光にも応答可能な光触媒が開発され、室内環境も含めその潜在的なニーズは、今後20年間で、3兆円近くにまで達するものと見込まれている。

②市場ニーズ(目的):安心・安全に対する世界的ニーズが高まりつつある中、汚染土壌・排水処理、抗菌・抗ウイルスなどを可能とする材料開発が喫緊の課題となっている。また、光触媒製品市場を拡大し、且つ産業として持続させるためには、真の効果が期待でき、消費者、利用者がそれを実感できる製品を開発し、展開していくことが急務となっている。

③技術ニーズ:屋外以外にも室内環境を改善可能な可視光応答型光触媒の飛躍的な特性改善が強く望まれている。これを達成するには、サイエンスに基づく現象解明をベースとした研究開発とそれを具現化するプロセス開発が必要不可欠である。

プロジェクトの規模

○事業費と研究開発期間(目安として)

- ①事業費総額:12億円
- ②研究期間:5年(平成19~23年度)

技術戦略マップ上の位置付け

部材産業分野の省エネ部材、環境負荷低減部材、建築材料、光触媒、光触媒水素製造部材、に対応するものである。また、共通基盤技術の中の材料製造技術、加工技術に対応する項目を含む。

研究内容

○研究開発課題(目的達成のための技術課題)

- ①光触媒共通サイエンスの構築
- ②光触媒共通基盤技術の研究開発
- ③高感度光触媒材料の開発
- ④酸化チタンの新機能開拓
- ⑤光触媒新産業分野開拓

○キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ(課題を解決するためのポイントおよびその現状)

- ①第一原理を基に理論設計し、合成した可視光応答型光触媒は、市販のもの(窒素ドーパ型)に比べ、2倍弱の活性を発現。
- ②Ta,N同時ドーブや新規金属錯体の探索等による高感度な可視光応答型光触媒材料の創製。
- ③コーティング薄膜層表面ナノ構造制御等の製造プロセスの最適化による高感度化。

○目標値(技術水準)とその条件および設定理由(根拠)

- ①目標値:紫外応答型光触媒の感度2倍、可視光応答型光触媒の感度10倍向上
- ②設定根拠:感度2倍でコストが1/2に、感度10倍で紫外応答型と同等レベルの性能に。

その他関連図表



**研究テーマ名** 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト

**研究目的**

○背景、目的、必要性

①背景：光触媒技術は、我が国発祥の技術であり、その技術開発レベルは世界トップクラスである。2004年現在で国内市場は、約550億円、世界市場は、約900億円である。現在までは、紫外光応答型光触媒を用いた製品開発が主であり、外装建材、浄化用フィルター材を中心に着実に実用化が拡大している。また、2001年には、可視光にも応答可能な光触媒が開発され、室内環境も含めその潜在的なニーズは、今後20年間で、3兆円近くまで達するものと見込まれている。

②市場ニーズ(目的)：安心・安全に対する世界的ニーズが高まりつつある中、汚染土壌・排水処理、抗菌・抗ウイルスなどを可能とする材料開発が喫緊の課題となっている。また、光触媒製品市場を拡大し、且つ産業として持続させるためには、真の効果が期待でき、消費者、利用者がそれを実感できる製品を開発し、展開していくことが急務となっている。

③技術ニーズ：屋外以外にも室内環境を改善可能な可視光応答型光触媒の飛躍的な特性改善が強く望まれている。これを達成するには、サイエンスに基づく現象解明をベースとした研究開発とそれを具現化するプロセス開発が必要不可欠である。

**プロジェクトの規模**

○事業費と研究開発期間(目安として)

- ①事業費総額：12億円
- ②研究期間：5年(平成19～23年度)

**技術戦略マップ上の位置付け**

部材産業分野の省エネ部材、環境負荷低減部材、建築材料、光触媒、光触媒水素製造部材、に対応するものである。また、共通基盤技術の中の材料製造技術、加工技術に対応する項目を含む。

**研究内容**

○研究開発課題(目的達成のための技術課題)

- ①光触媒共通サイエンスの構築
- ②光触媒共通基盤技術の研究開発
- ③高感度光触媒材料の開発
- ④酸化チタンの新機能開拓
- ⑤光触媒新産業分野開拓

○キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ(課題を解決するためのポイントおよびその現状)

- ①第一原理を基に理論設計し、合成した可視光応答型光触媒は、市販のもの(窒素ドーパ型)に比べ、2倍弱の活性を発現。
- ②Ta,N同時ドーパや新規金属錯体の探索等による高感度な可視光応答型光触媒材料の創製。
- ③コーティング薄膜層表面ナノ構造制御等の製造プロセスの最適化による高感度化。

○目標値(技術水準)とその条件および設定理由(根拠)

- ①目標値：紫外応答型光触媒の感度2倍、可視光応答型光触媒の感度10倍向上
- ②設定根拠：感度2倍でコストが1/2に、感度10倍で紫外応答型と同レベルの性能に。

**その他関連図表**



(様式2)

## 事前評価書 (案)

|                    |  | 作成日 | 平成 18 年 11 月 6 日 |
|--------------------|--|-----|------------------|
| 1. 事業名称<br>(コード番号) | 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト   |     |                  |
| 2. 推進部署名           | 環境技術開発部  |     |                  |
| 3. 事業概要            | <p>(1) 概要：我が国で発見された光触媒技術の新産業分野開拓を目指し、サイエンスに遡ることにより、紫外光のみならず、可視光レベルでの性能・機能の飛躍的な向上のための技術基盤を構築する。これにより、従来では困難とされてきた医療関連分野や土壌処理、PFC 処理／フッ素回収などの環境関連分野等に光触媒技術を導入し、光触媒の最大のメリットである自然エネルギーを利用した安心・安全な環境を提供できる光触媒技術を開発する。</p> <p>研究開発課題：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>① 光触媒共通サイエンスの構築</li><li>② 光触媒共通基盤技術の研究開発</li><li>③ 高感度光触媒材料の開発</li><li>④ 酸化チタンの新機能開拓</li><li>⑤ 光触媒新産業分野開拓</li></ul> <p>目標：紫外応答型光触媒の感度 2 倍、可視光応答型光触媒の感度 10 倍向上</p> <p>実施体制：PL を設置した、学を中心とする集中研方式</p> <p>(2) 事業規模：総事業費（国費分）12 億円（委託・助成混成、助成分 補助率未定）</p> <p>(3) 事業期間：平成 19 年度～23 年度（5 年間）</p> |     |                  |
| 4. 評価の検討状況         | <p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>酸化チタン光触媒技術は、我が国発祥の技術として世界を先導してきているが、他国の追随を許さない圧倒的な国際競争力を産業に育成するためには、産業育成と戦略的実用化を指向した研究開発を強力に推進する必要がある。従来の光触媒は紫外光のみにしか反応しない技術に対し、近年、可視光レベルでの反応を可能とする技術シーズが我が国を中心に創出されつつあるが、安心・安全に資するためには光触媒の更なる性能向上が喫緊の課題であり、これを解決する基盤技術開発が必要である。</p>   |     |                  |

(2) 研究開発目標の妥当性

NEDOにて実施した調査事業「光触媒の技術ロードマップ作成に関する調査研究」結果からも、光触媒技術に関する我が国の技術レベルは、世界でも抜きん出ているものの、欧米、アジア共に急迫しており予断を許さない状況である。また、光触媒関連事業者に対するヒアリング結果からも可視光応答型光触媒の性能向上に関しては、その潜在的製品化ニーズが非常に大きく、医療・環境関連産業への影響も多大である。この状況を打開するには、可視光応答型光触媒の飛躍的な特性向上が必要不可欠であり、消費者、利用者が特性向上を自覚できる値としても設定目標は妥当である。

(3) 研究開発マネジメント

飛躍的な特性改善を目指す開発目標を達成するためには、サイエンスに遡った技術開発が必要不可欠である。その点で、学に集中研を設置し、産学融合的な研究開発を進める実施体制は妥当である。さらにサイエンスを具現化するためのプロセス技術等基盤技術に注力し、新機能開拓、新産業分野開拓も含めた実用化へのアプローチとして5年の開発期間は、必要最小限のものと思われる。

(4) 研究開発成果

NEDOにて実施した調査事業「光触媒の技術ロードマップ作成に関する調査研究」結果からも、今後の国内光触媒市場は年率20%程度の伸長が推定され、数年内には約1000億円程度の規模に達するとの見方が妥当である。ただし、室内環境部材を対象とした潜在的なニーズは、多岐の事業分野に跨っており、技術的課題のブレイクスルーによる現状性能の大幅な向上と開発成果の普及によりパイが飛躍的に拡大する可能性がある。

(5) 実用化・事業化の見通し

プロジェクト開発目標（光触媒材料で紫外光応答型2倍、可視光応答型10倍の感度向上、およびその高感度光触媒を適用した薄膜プロセス技術の基盤技術を確立）が達成されれば、その後実用化研究を経て、およそ10年後（2017年）の実用化、事業化を目指すシナリオは、飛躍的な特性改善を目指した材料開発からプロセス開発、実用化研究、事業化を達成する上で妥当な計画である。

(6) その他特記事項

特になし。

5. 総合評価

NEDO事業として積極的に推進すべき。集中研の設置等産学融合的な研究開発を効果的に、効率的に推進するために、PLの強力なリーダーシップの実現、技術情報の公開性と知財権の取扱等事前の体制作りが肝要である。

(注) 事業の全体像がわかる図表を添付すること。

(平成 19 年度)

(1) 研究発表・講演

原著論文 12 件

| 発表年月日     | 発表媒体  | 発表タイトル   | 発表者   |
|-----------|---|--|---|
| 2007/     | J. Ceramic Society of Japan, 115, 210-314 (2007).               | Visible-light-induced hydrophilic conversion of an S-doped TiO <sub>2</sub> thin film and its photocatalytic activity for decomposition of acetaldehyde in gas phase | K. Nishijima, H. Naitoh, T. Tsubota, T. Ohno  |
| 2007/     | J. of the Society of Powder Technology, Japan, 44, 30-38(2007). | Development of visible light sensitive titanium dioxide loaded with Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> nanoparticles and evaluation of their photocatalytic activities   | K. Nishijima, T. Ohno   |
|           | J. Ceramic Society of Japan, 115, 310-315(2007).                | Carbon nanotube synthesis in organic liquids by using La <sub>2</sub> NiO <sub>4</sub> as catalyst   | T. Tsubota, T. Ohno, T. Koyanagi, M. Onimaru  |
|           | Molten Salts, 50, 109-116(2007).                                | Development of visible light sensitive photocatalysts  | T. Ohno   |
|           | Chem. Phys., 339, 64-72(2007).                                  | Incident light dependence for photocatalytic degradation of acetaldehyde and acetic acid on S-doped and N-doped TiO <sub>2</sub> photocatalysts                      | K. Nishijima, B. Ohtani, X.L. Yan, T. Kamai, T. Chiyoya, T. Tsubota, N. Murakami, T. Ohno |
| 2007/7/31 | J. of Adv. Oxidation Tech., 10(2), 337-341(2007).               | New method for the synthesis of a photocatalyst by using intercalation of amines in K <sub>2</sub> Ti <sub>4</sub> O <sub>9</sub>                                    | T. Tsubota, T. Ohno, Y. Miyazaki, A. Murakoshi  |
| 2007/12/1 | Separation and Purification Technology, 58(1), 206-210(2007).   | Photocatalytic selective oxidation of anionic compounds on TiO <sub>2</sub> photocatalysts modified with quaternary ammonium base groups                             | S. Miyayama, K. Nishijima, T. Kamai, T. Chiyoya, T. Tsubota, T. Ohno                      |
|           | Int. J. of Photoenergy, 173943(2008).                           | Photocatalytic hydrogen or oxygen evolution from water over S- or N-doped TiO <sub>2</sub> under visible light   | K. Nishijima, T. Kamai, N. Murakami, T. Tsubota, T. Ohno                                  |
|           | Thin Solid Films, 516(17), 5872-5876(2008).                     | Action spectrum analyses of photoinduced superhydrophilicity of titania thin films on glass plates   | X. Yan, R. Abe, T. Ohno, M. Toyofuku, B. Ohtani   |
| 2008/2/5  | Electrochem., 76, 118-120(2008).                                | Preparation of a Visible Light-responding Photocatalyst via Nitrogen Doping to Titanium(IV) Oxide Modified with a Silane Coupling Reagent                            | H. Kominami, K. Takenouchi, K. Hashimoto, K. Sayama                                       |
| 2008/3/4  | J. Mater. Chem., 18, 1858-1864(2008).                           | Visible light induced super-hydrophilicity on single crystalline TiO <sub>2</sub> nanoparticles and WO <sub>3</sub> layered thin films                               | M. Miyauchi   |
| 2008/3/15 | Applied Catalysis A: General, 337(1), 105-109(2008).            | Development of a titania nanotube (TNT) loaded site-selectively with Pt nanoparticles and their photocatalytic activities  | K. Nishijima, T. Fukahori, N. Murakami, T. Kamai, T. Tsubota, T. Ohno                     |

総説 7 件

| 発表年月日     | 発表媒体                   | 発表タイトル                              | 発表者          |
|-----------|------------------------|-------------------------------------|--------------|
| 2007/7/10 | 会報光触媒、23、54-57 (2007). | シラン剤修飾を経る窒素ドーピング酸化チタンの合成とその可視光光触媒特性 | 古南博          |
| 2007/12   | 工業材料、12、48-51(2007).   | 硫黄ドーピング可視光応答型酸化チタンナノチューブの光触媒作用      |              |
|           | 未来材料                   | 二重励起光音響分光法による酸化チタン                  | 村上直也、大谷文章、横野 |

|        |                                      |  |           |
|--------|--------------------------------------|--|-----------|
|        |                                      | 光触媒の過渡吸収評価   | 照尚        |
| 2007/9 | 産業と環境、9、117-120(2007).               | 可視光応答型光触媒の開発の現状及び今後の課題   | 横野照尚      |
| 2008/1 | 機能材料、2、43-49(2008).                  | 反応場が分離された可視光応答型酸化チタンナノチューブの光触媒作用   | 横野照尚      |
| 2008/3 | Electrochemistry, 76, 227-232 (2008) | 電気化学:測定と解析のてびきー光電気化学関連分野での応用(1) 光触媒関連  | 大谷文章      |
| 2008/3 | Chem. Lett., 37, 216-229 (2008).     | Preparing Articles on Photocatalysis—Beyond The Illusions, Misconceptions and Speculation, | B. Ohtani |

国際会議 3件

| 発表年月日      | 発表媒体   | 発表タイトル  | 発表者  |
|------------|--|---|--|
| 2007/11/22 | 2007 Korean-Japan Bilateral Symposium on Frontier Photoscience (2007KJFP),                           | Development of high active TiO <sub>2</sub> nanotube  | T. Ohno  |
| 2007/9/24  | The 12st International Conference on TiO <sub>2</sub> Photocatalysis: Fundamentals and Applications, | Photoacoustic spectroscopic estimation of electron migration over metal-deposited titanium(IV) oxide photocatalysis | N. Murakami, R. Abe, B. Ohtani, T. Ohno                                  |
| 2007/9/24  | The 12st International Conference on TiO <sub>2</sub> Photocatalysis: Fundamentals and Applications, | Development of S-doped TiO <sub>2</sub> nanotube and site selective Pt loaded TiO <sub>2</sub> nanotube             | T. Ohno, T. Fukahori, K. Nishijima, Y. Fujisawa, N. Murakami, T. Tsubota |

国内会議 32件

| 発表年月日     | 発表媒体          | 発表タイトル   | 発表者                |
|-----------|---------------|--|--------------------|
| 2007/7/10 | 第7回光触媒研究討論会   | 酸化エネルギー貯蔵型光触媒                                    | 立間徹, 高橋幸奈, 福西美香    |
| 2007/7/10 | 第7回光触媒研究討論会   | シラン剤修飾を経る窒素ドーピング酸化チタンの合成とその可視光光触媒特性              | 古南博                |
| 2007/9/17 | 第100回触媒討論会    | 金属イオンとの複合化による可視光応答型ルチル型二酸化チタンの高感度化               | 西村仁志, 横野照尚, 千代谷哲生  |
| 2007/9/17 | 第100回触媒討論会    | 助触媒担持酸化チタンナノチューブにおけるナノ反応場制御                      | 深堀貴之, 横野照尚         |
| 2007/9/19 | 2007年電気化学秋季大会 | Au-TiO <sub>2</sub> 光触媒を用いた可視光照射による還元エネルギー貯蔵の可能性 | 高橋幸奈, 立間徹          |
| 2007/9/17 | 第100回触媒討論会    | 無酸素下における光触媒反応によるメチルアミン類の無機化                      | 大田優一・橋本圭司・古南博      |
| 2007/9/17 | 第100回触媒討論会    | LTA ゼオライト-TiO <sub>2</sub> ナノコンポジット材料の合成と評価      | 松原萌子・中尾暢秀・橋本圭司・古南博 |
| 2007/9/19 | 2007年電気化学秋季大会 | 可視光応答型チタニアナノチューブ光触媒の開発                           | 藤澤雄一, 横野照尚         |
| 2007/9/19 | 2007年電気化学秋季大会 | ルチル型酸化チタンと金属イオンによる高感度ハイブリッド光触媒の開発                | 千代谷哲生, 横野照尚        |
| 2007/9/19 | 2007年電気化学秋季大会 | 水熱処理法によりナノ構造制御されたTiO <sub>2</sub> 新規光触媒の開発       | 釜井孝晃, 横野照尚         |



|            |                                  |  |                                   |
|------------|----------------------------------|--|-----------------------------------|
| 2007/11/26 | 第 26 回固体・表面光化学討論会                | 管状炭素ナノ物質を複合させた新規酸化チタン光触媒の開発  | 原雅宏、村上直也、坪田敏樹、横野照尚                |
| 2007/12/4  | 第 14 回光触媒シンポジウム                  | 金属イオン修飾による新規可視光応答光触媒の開発と反応機構の解析  | 村上直也、千代谷哲生、横野照尚                   |
| 2007/12/4  | 第 14 回光触媒シンポジウム                  | 可視光照射で機能する還元エネルギー貯蔵型光触媒の可能性  | 高橋幸奈、立間徹                          |
| 2007/12/4  | 第 14 回光触媒シンポジウム                  | 可視光型光触媒による悪臭物質の分解  | 野間真二郎、三木慎一郎、矢口充雄、高濱孝一             |
| 2008/3/18  | 第4回東京大学生産技術研究所計測技術開発センター公開シンポジウム | エネルギー貯蔵型光触媒  | 立間徹、高橋幸奈、福西美香                     |
| 2008/3/26  | 日本化学会第 88 春季大会                   | 酸化チタン-ジルコニア複合薄膜の表面物性   | 渡部俊也、吉田直哉                         |
| 2008/3/26  | 日本化学会第 88 春季年会                   | 酸化タンゲステン光触媒を用いた水溶性有機物質分解反応における銅(II)イオンの添加効果  | 荒井健男、柳田真利、杉原秀樹、佐山和弘               |
| 2008/3/26  | 日本化学会第 88 春季年会                   | 環境浄化用の WO <sub>3</sub> 光触媒における半導体調整条件の最適化  | 林宏樹、荒井健男、杉原秀樹、郡司天博、佐山和弘           |
| 2008/3/26  | 日本化学会第 88 春季年会                   | CuO/WO <sub>3</sub> 光触媒による有機物質分解における反応機構の検討  | 堀口真澄、荒井健男、杉原秀樹、郡司天博、佐山和弘          |
| 2008/3/26  | 日本化学会第 88 春季年会                   | ルチル型酸化チタンと金属イオンによる高感度ハイブリッド光触媒の開発  | 千代谷哲生、村上直也、横野照尚                   |
| 2008/3/26  | 日本化学会第 88 春季年会                   | ソルボサーマル法による酸化鉄ナノ結晶の合成とその光触媒活性の評価   | 今西正千代・橋本圭司・古南博                    |
| 2008/3/28  | 第101回触媒討論会                       | 二酸化チタン表面にカーボンナノチューブを修飾したハイブリッド光触媒の開発   | 小野麻実、村上直也、坪田敏樹、横野照尚               |
| 2008/3/28  | 第101回触媒討論会                       | ポリマーを用いた水熱合成による二酸化チタン光触媒の形状制御  | 栗原悠、村上直也、横野照尚                     |
| 2008/3/29  | 電気化学会第 75 回大会                    | 銅イオン表面修飾による可視光誘起電荷移動型光触媒の活性評価  | 入江寛、三浦脩平、橋本和仁                     |
| 2008/3/29  | 電気化学会第 75 回大会                    | 金属イオン修飾による新規可視光応答型光触媒の開発とその反応機構  | 村上直也、千代谷哲生、横野照尚                   |
| 2008/3/29  | 電気化学会第 75 回大会                    | Exposed Crystal Surface Controlled of Rutile TiO <sub>2</sub> Nanorods in the Presence of Polymer from TiCl <sub>3</sub> | Eunyoung Bae、村上直也、横野照尚            |
| 2008/3/29  | 電気化学会第 75 回大会                    | 硫黄ドーピングと Fe <sup>3+</sup> 表面修飾による可視光応答型 TiO <sub>2</sub> ナノチューブ光触媒の開発  | 藤澤雄一、村上直也、横野照尚                    |
| 2008/3/29  | 電気化学会第 75 回大会                    | 酸化エネルギー貯蔵型光触媒による酸化反応の検討  | 高橋幸奈、福西美香、立間徹                     |
| 2008/3/29  | 電気化学会第 75 回大会                    | 酸素還元触媒担持 WO <sub>3</sub> 可視光応答型光触媒   | 金泳浩、入江寛、橋本和仁                      |
| 2008/3/29  | 電気化学会第 75 回大会                    | 環境浄化用酸化タンゲステン光触媒の最適化の検討  | 佐山和弘、林宏樹、荒井健男、柳田真利、小西由也、郡司天博、杉原秀樹 |
| 2008/3/29  | 電気化学会第 75 回大会                    | 酸化タンゲステン/助触媒積層薄膜における光誘起親水化反応   | 宮内雅浩、渋谷直哉                         |
| 2008/3/29  | 電気化学会第 75 回大会                    | 酸化チタン表面におけるアミノ酸の光触媒反応初期過程の解析   | 酢谷京平、村上能規、野坂篤子、野坂芳雄               |

(2) 特許等 6 件

| 出願日 | 受付番号 | 出願に関わる特許等の標題 | 出願人 |
|-----|------|--------------|-----|
|-----|------|--------------|-----|

|          |                    |                                   |                             |
|----------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| H19.9.7  | 特願<br>2007-233222  | 可視光応答性光触媒とその触媒活性促進剤並びに環境汚染物質の光分解法 | 独立行政法人<br>産業技術総合研究所         |
| H20.2.14 | 特願<br>2008-033160  | 半導体光触媒                            | 独立行政法人<br>産業技術総合研究所         |
| H20.3.7  | 特願<br>2008-057494  | 薄膜及びその製造方法、並びにガラス                 | 国立大学法人<br>東京大学              |
| H20.3.18 | 特願<br>2008-068877  | 可視光光活性を有する光触媒材料及びその製造方法           | 国立大学法人東京大<br>学              |
| H20.3.21 | 特願<br>2008-0739302 | 光触媒材料、有機物分解方法、内装部材、空気清浄装置、酸化剤製造装置 | 国立大学法人東京大<br>学、<br>松下電工株式会社 |
| H20.3.27 | 特願<br>2008-083032  | 酸化タングステン管状体およびこれを用いた光触媒           | 独立行政法人<br>産業技術総合研究所         |

(平成 20 年度)

(1) 研究発表・講演 (口頭発表を含む)

原著論文 18 件

| 発表年月       | 発表媒体   | 発表タイトル   | 発表者  |
|------------|--|--|--|
| 2008/4/6   | Chem. Phys. Lett., 457, 202-205 (2008)             | Efficient Visible Light Sensitive Photocatalysts; Grafting Cu(II) Ions onto TiO <sub>2</sub> and WO <sub>3</sub> Photocatalysts  | H. Irie, S. Miura, K. Kamiya, K. Hashimoto                                     |
| 2008/5/9   | Appl. Phys. Lett., 92, 182107/1-182107/3 (2008)    | A Visible Light-Sensitive Tungsten Carbide/Tungsten Trioxide Composite Photocatalyst   | Y. Kim, H. Irie, K. Hashimoto  |
| 2008/7/28  | Angew. Chem. Int. Ed., 47, 7051-7055 (2008).       | Nanoporous-walled Tungsten Oxide Nanotubes as Highly-active Visible-light-driven Photocatalysts  | Z. Zhao, M. Miyauchi   |
| 2008/9/9   | Phys. Chem. Chem. Phys., 10, 6258-6265 (2008).     | Photocatalysis and photoinduced hydrophilicity of WO <sub>3</sub> thin films with underlying Pt nanoparticles  | M. Miyauchi  |
| 2008/9/26  | CHEMICAL COMMUNICATIONS, 43, 5565-5567(2008)       | Complete oxidation of acetaldehyde and toluene over a Pd/WO <sub>3</sub> photocatalyst under fluorescent- or visible-light irradiation   | T. Arai, M. Horiguchi, M. Yanagida, T. Gunji, H. Sugihara, K. Sayama           |
| 2008/9     | J. Phys. Chem. C, 112(40), 15818-15823(2008).      | Selective Production of Superoxide Ions and Hydrogen Peroxide over Nitrogen- and Sulfur-Doped TiO <sub>2</sub> Photocatalysts with Visible Light in Aqueous Suspension Systems | T. Hirakawa, Y. Nosaka   |
| 2008/9/30  | Applied Catalysis A, General, 348, 148-152 (2008). | Switching Redox Site of Photocatalytic Reaction by Irradiation Wavelength on Titanium(IV) Oxide Particles Modified with Transition Metal Ion                                   | N. Murakami, T. Chiyoya, T. Tsubota, T. Ohno                                   |
| 2008/10/25 | Applied Catalysis B, 84, 42-47 (2008).             | The enhancement of WO <sub>3</sub> -catalyzed photodegradation of organic substances utilizing the redox cycle of copper ions  | T. Arai, M. Yanagida, Y. Konishi, A. Ikura, Y. Iwasaki, H. Sugihara, K. Sayama |
| 2009/1/6   | Langmuir, 25[1], 13-16 (2009).                     | Effect of Surface Structure on the Sustainability of Air Layer on  | M. Sakai, T. Yanagisawa, A.  |

|           |   |  |   |
|-----------|---|--|---|
|           |   | Superhydrophobic Coatings in Water-Ethanol Mixture   | Nakajima, Y.<br>Kameshima, K. Okada   |
| 2009/1/22 | Adv. Mater., 21, 1373-1376 (2009).        | Site-Selective Deposition of Metal Nanoparticles on Aligned WO <sub>3</sub> Nano-Trees for Super-hydrophilic Thin Film                               | M. Shibuya, M. Miyauchi   |
| 2009/1/24 | Chem. Commun., 2002-2004 (2009).          | Visible light induced superhydrophilicity on the WO <sub>3</sub> /ITO/CaFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> heterojunction thin film                      | Z. Liu, M. Miyauchi   |
| 2009/2/6  | Catal. Today 144, 37-41 (2009).           | Photo-oxidation of nitrogen oxide over titanium(IV) oxide modified with platinum or rhodium chlorides under irradiation of visible light or UV light | K. Hashimoto, K. Sumida, S. Kitano, K. Yamamoto, N. Kondo, Y. Kera, H. Kominami |
| 2009/2/15 | Cat. Commun., 10, 963-966 (2009).         | Novel hydrothermal preparation of pure brookite-type titanium(IV) oxide nanocrystal under strong acidic conditions                                   | N. Murakami, T. Kamai, T. Tsubota, T. Ohno                                      |
| 2009/2/26 | J. Phys. Chem. C., 113, 3062-3069 (2009). | Shape-controlled anatase titanium(IV) oxide particles prepared by hydrothermal treatment of peroxy titanate in the presence of polyvinyl alcohol     | N. Murakami, Y. Kurihara, T. Tsubota, S. Yamada, K. Yoshinaga, T. Ohno          |
| 2009/3/2  | Chem. Commun., 2204-2206(2009).           | A novel visible-light-driven photochromic material with high-reversibility: tungsten oxide-based organic-inorganic hybrid microflowers               | Z. Zhao, M. Miyauchi  |
| 2009/3/30 | Chem. Phys. Lett., 473, 126-130(2009).    | Efficient electrochemical reaction in hexagonal WO <sub>3</sub> forests with a hierarchical nanostructure  | M. Shibuya, M. Miyauchi   |
| 2009/3/30 | J. Phys. Chem. C, 113, 6539-6546(2009).   | Shape Modulation of Tungstic Acid and Tungsten Oxide Hollow Structures   | Z. Zhao, M. Miyauchi  |

総説 14 件

| 発表年月   | 発表媒体                                | 発表タイトル                         | 発表者                |
|--------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| 2008/4 | 粉体と工業、40(4)、67-76 (2008).           | 光触媒の実用化と応用商品                   | 岩田広長               |
| 2008/5 | 光化学、39 (1), 3-10 (2008).            | ソルボサーマル法を利用する光触媒材料の合成          | 古南博                |
| 2008/6 | ケミカルエンジニアリング、53(6), 453-457 (2008). | 窒素ドーパ酸化チタンの新規調製法の開発とその可視光光触媒特性 | 古南博                |
| 2008/7 | 会報光触媒、26、66-69(2008).               | 光触媒の抗ウイルス性能試験について              | 中野竜一、石黒斉、梶岡実雄、窪田吉信 |
| 2008/7 | 会報光触媒、26、56-61(2008).               | 高性能な酸化タンゲステン光触媒の調製とその有機物分解反応   | 荒井 健男、佐山 和弘        |
| 2008/7 | 会報光触媒、26、20-23 (2008).              | 可視光応答性光触媒の高活性化                 | 古南博                |
| 2008/7 | 会報光触媒、26、46-51(2008).               | 可視光型酸化チタン光触媒における活性酸素種の検出       | 野坂芳雄、平川力           |
| 2008/9 | 化学、63, 19-23 (2008)                 | 常識は覆るのか?! 光触媒反応における酸素の還元機構     | 大谷文章、阿部竜           |
| 2008/9 | 月刊 JETI、56(10)、48-51(2008)          | 室内照明で働く高性能な可視光応答性酸化タンゲステン光触媒   | 佐山和弘               |

|         |  |   |                       |
|---------|--|---|-----------------------|
| 2008/10 | The Chemical Record, 8, 279–290(2008). | Wettability Control of Solid Surface Utilizing Photocatalysis | T.Watanabe, N.Yoshida |
|         | 印刷雑誌、92(1)、13-16 (2009)                | 光触媒と I J 技術を用いた P S 版   | 村上武利、中田一弥、藤嶋昭         |
| 2009/2  | Yano E plus, 011, 57(2009)             | 光触媒関連市場 新しい成果が続々と登場 可視光応答型が動き出す                               |                       |
| 2009/3  | におい・かおり環境学会誌、40(2)、85-92(2009).        | 光触媒反応による安全で快適な生活空間をめざして                                       | 砂田香矢乃、橋本和仁            |
| 2009/3  | におい・かおり環境学会誌、40(2)、101-108 (2009)      | 酸化チタン光触媒を用いたオフセット印刷用 P S 版                                    | 村上武利、中田一弥             |
|         |  |   |                       |

講演等(国際会議) 40 件

| 発表年月         | 発表媒体   | 発表タイトル  | 発表者  |
|--------------|--|---|--|
| 2008/5/23    | The first Japan-Korea joint symposium on bio-microsensing technology (1st JKBT)  | Chemical modification of diamond surface with amino acid in organic solvent   | T. Tsubota, Y. Hagiwara, T. Ohno                                     |
| 2008/5/23    | The first Japan-Korea joint symposium on bio-microsensing technology (1st JKBT)  | Shape-controlled anatase TiO <sub>2</sub> particle prepared by hydrothermal treatment in the presence of hydrophilic polymer                  | N. Murakami, Y. Kurihara, S. Katayama, T. Tsubota, T. Ohno           |
| 2008/5/23    | The first Japan-Korea joint symposium on bio-microsensing technology (1st JKBT)  | Development of sensitive hybrid rutile titanium oxide by loading metal ions   | T. Chiyoya, N. Murakami, T. Ohno                                     |
| 2008/5/23-24 | The first Japan-Korea joint symposium on bio-microsensing technology (1st JKBT)  | Development of a hybrid photocatalyst TiO <sub>2</sub> surface modified by carbon nanotube  | A. Ono, T. Tsubota, N. Murakami, T. Ohno                             |
| 2008/5/23-24 | The first Japan-Korea joint symposium on bio-microsensing technology (1st JKBT)  | Surface Structure controlled titanium dioxide (TiO <sub>2</sub> ) prepared by hydrothermal synthesis using PVA as a structure control reagent | Y. Kurihara, N. Murakami, T. Ohno                                    |
| 2008/5/30    | Joint Conference of the 2nd International Conference on the Science and Technology of Solid Surface and Interface (STSI) | Photocatalytic Thin Film Crystallized by Plasma Treatment   | T.Watanabe, N.Yoshida, Y.Shibayama, H.Ohsaki, ,                      |
| 2008/7/9     | International Symposium on Creation and Control of Advanced Selective Catalysis  | Iron(III) Oxide Photocatalysts Responding to Visible Light  | M. Imanishi, K. Hashimoto, H. Kominami                               |
| 2008/7/17    | The 14 <sup>th</sup> International Congress on Catalysis   | Visible light-induced oxidative removal of nitrogen oxides in air by metal chloride-modified titanium(IV) oxide nanoparticles                 | H. Kominami, K. Sumida, K. Yamamoto, N. Kondo, K. Hashimoto, Y. Kera |

|               |   |  |   |
|---------------|---|--|---|
| 2008/7/27-8/1 | 17th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy                                   | Photocatalytic Sheet for Cleanup of Soil Polluted by VOCs  | K. Sunada, H. Kiriya, T. Isowa, K. Yokoyama, K. Hashimoto                 |
| 2008/7/27-8/1 | 17th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy                                   | Application of a Cooling System Using Photo-induced Hydrophilicity and Watering  | M. Iyonaga, K. Sunada, N. Ohnishi, K. Hashimoto                           |
| 2008/7/27-8/1 | 17th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy                                   | Development of Photocatalysts, Sensitive to Visible Light  | H. Irie, K. Hashimoto   |
| 2008/7/27-8/1 | 17th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy                                   | Development of Sensitive Hybrid Rutile Titanium Oxide by Loading Metal Ions  | T. Chiyoya, N. Murakami, T. Ohno  |
| 2008/7/27-8/1 | 17th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy                                   | Exposed Crystal Surface Controlled of Rutile TiO <sub>2</sub> Nanorods in the Presence of Polymer from TiCl <sub>3</sub>       | E. Bae, N. Murakami, T. Ohno  |
| 2008/7/27-8/1 | 17th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy                                   | Shape-Controlled Anatase TiO <sub>2</sub> Particle Prepared by Hydrothermal Treatment in the Presence of Hydrophilic Polymer   | N. Murakami, Y. Kurihara, T. Ohno   |
| 2008/7/27-8/1 | 17th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy                                   | Highly efficient WO <sub>3</sub> photocatalysts promoted with various co-catalysts for gradation of various organic substances | K. Sayama, T. Arai, M. Yanagida, Y. Kanishi, H. Sugihara                  |
| 2008/7/27-8/1 | 17th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy                                   | Utilization of ferric and cupric ions to promote the WO <sub>3</sub> -catalyzed photodegradation of organic substances         | T. Arai, M. Yanagida, H. Sugihara, K. Sayama                              |
| 2008/7/27-8/1 | 17th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy                                   | Visible light induced super-hydrophilicity on nanostructured TiO <sub>2</sub> thin films                                       | M. Miyauchi   |
| 2008/7/27-8/1 | 17th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy                                   | Selective photocatalytic oxidation of methanol to methyl formate over titanium(IV) oxide                                       | H. Kominami, H. Sugahara, K. Hashimoto                                    |
| 2008/7/28-8/1 | XXIInd IUPAC Symposium on Photochemistry  | Analyses of Active Species in TiO <sub>2</sub> Photocatalysis  | Y. Nosaka, Y. Murakami, A. Y. Nosaka, T. Hirakawa                         |
| 2008/7/28-8/1 | XXIInd IUPAC Symposium on Photochemistry  | Properties of adsorbed water and photocatalytic activities of rutile TiO <sub>2</sub>  | A. Y. Nosaka, T. Fujiwara, T. Ikegami, H. Yagi, H. Akutsu, Y.oshio Nosaka |
| 2008/9/18-21  | The 15th China-Japan Bilateral Symposium on Intelligent Electrophotonic Materials and Molecular Electronics (SIEMME'15) | Study on antiviral activity of photocatalytic TiO <sub>2</sub>   | Y. Kubota, H. Ishiguro, R. Nakano, Y. Yao, J. Kajioka, A. Fujishima       |
| 2008/9/18-21  | The 15th China-Japan Bilateral Symposium on Intelligent Electrophotonic Materials and Molecular Electronics (SIEMME'15) | A visible light-sensitive photocatalyst consist of tungsten carbide and tungsten trioxide                                      | Y. Kim, H. Irie, K. Hashimoto   |

|               |   |   |  |
|---------------|---|---|--|
| 2008/9/22-25  | The 25 years in TiO <sub>2</sub> Photocatalysis – Retrospective and Prospective Views               | Application of Photocatalyst for Self-cleaning Surfaces -A Strategic Approach with Wettability Optimization                                     | T.Watanabe, N.Yoshida, C.Changchuan, Y.Shibayama, J.Ogata G.Ma           |
| 2008/9/22-25  | The 13th International Conference on TiO <sub>2</sub> Photocatalysis: Fundamentals and Applications | Search for Efficient Photocatalysts   | H. Irie, K. Hashimoto  |
| 2008/10/4-8   | 5th European Meeting on SOLAR CHEMISTRY AND PHOTOCATALYSIS: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS (SPEA5)      | Exposed Crystal Surface Control of Rutile TiO <sub>2</sub> Nanorods and The Roles of Photocatalytic Reactions                                   | E. Bae, N. Murakami, T. Ohno   |
| 2008/10/4-8   | 5th European Meeting on SOLAR CHEMISTRY AND PHOTOCATALYSIS: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS (SPEA5)      | Development of A Visible Light Responsive Rutile TiO <sub>2</sub> Photocatalyst by Modification Of Metal Ion                                    | N. Murakami, T. Chiyoya, T. Ohno   |
| 2008/10/4-8   | 5th European Meeting on SOLAR CHEMISTRY AND PHOTOCATALYSIS: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS (SPEA5)      | S-Doped TiO <sub>2</sub> Nanotube Site-Selectively Loaded with Co-Catalysts   | T. Ohno, N. Murakami, T. Fukahori, Y. Fujisawa, K. Nishijima, T. Tsubota |
| 2008/10/4-8   | 5th European Meeting on SOLAR CHEMISTRY AND PHOTOCATALYSIS: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS (SPEA5)      | Photocatalytic Formation of Hydrogen and Nitrogen from Nitrogen-containing Compounds in Aqueous Suspension of Platinized Titanium(IV) Oxide     | Y. Ohta, K. Hashimoto, H. Kominami                                       |
| 2008/10/4-8   | 5th European Meeting on SOLAR CHEMISTRY AND PHOTOCATALYSIS: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS (SPEA5)      | Direct Solvothermal Formation of Nanocrystalline Titanium(IV) Oxide on Porous Materials and Effective Photocatalytic Removal of Nitrogen Oxides | M. Matsubara, K. Yukishita, K. Hashimoto, H. Kominami, B. Ohtani         |
| 2008/10/4-8   | 5th European Meeting on SOLAR CHEMISTRY AND PHOTOCATALYSIS: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS (SPEA5)      | Visible Light-induced Oxidative Removal of Nitrogen Oxides in Air by Metal Chloride-modified Titanium(IV) Oxide Nanoparticles                   | K. Hashimoto, K. Sumida, K. Yamamoto, N. Kondo, Y. Kera, H. Kominami     |
| 2008/10/12-17 | Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-state Science (PRiME 2008)                         | Development of a Hybrid Photocatalyst TiO <sub>2</sub> Modified by Carbon Nanotube  | A. Ono, T. Tsubota, N. Murakami, T. Ohno                                 |
| 2008/10/12-17 | Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-state Science (PRiME 2008)                         | Shape-controlled Titanium Dioxide (TiO <sub>2</sub> ) Photocatalyst Prepared by Hydrothermal Synthesis in the Presence of PVA                   | Y. Kurihara, N. Murakami, T. Ohno  |
| 2008/10/12-17 | Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-state Science (PRiME 2008)                         | Shape Control of Rutile Titanium(IV) Oxide Nanorod Prepared by Hydrothermal Treatment in the Presence of Inorganic Anion                        | N. Murakami, S. Katayama, T. Tsubota, T. Ohno                            |

|               |  |   |  |
|---------------|--|---|--|
| 2008/10/12-17 | Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-state Science (PRiME2008)             | Visible-light Sensitive Photocatalysts Triggered by Interfacial Charge Transfer, Grafting Metal Ions onto Titanium Dioxide    | H. Irie, K. Kamiya, T. Shibanuma, S. Miura, T. Yokoyama, K. Hashimoto    |
| 2008/10/12-17 | Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-state Science (PRiME2008)             | A visible light-sensitive photocatalyst composed of tungsten carbide and tungsten trioxide                                    | Y. Kim, H. Irie, K. Hashimoto  |
| 2008/10/19-24 | AVS(American Vacuum Society) – 54 Symposium  | Wettability Controlled Surface of Photocatalytic Coatings :Application for Dynamic hydrophobicity                             | T.Watanabe, N.Yoshida  |
| 2009/1/19-20  | Korea-Japan Workshop on Photocatalysis   | Development of surface structure controlled TiO <sub>2</sub>  | T. Ohno, N. Murakami, T. Kamai, Y. Kurihara, T. Tsubota                  |
| 2009/1/19-20  | Korea-Japan Workshop on Photocatalysis   | Design of Highly Efficient photocatalysts Sensitive to Visible Light  | H. Irie, K. Hashimoto  |
| 2009/3/30-4/2 | 5th International Conference Oxidation Technologies for Water and Wastewater Treatment | Shape-controlled anatase TiO <sub>2</sub> particles prepared by hydrothermal treatment in the presence of hydrophilic polymer | N. Murakami, Y. Kurihara, T. Ohno  |
| 2009/3/30-4/2 | 5th International Conference Oxidation Technologies for Water and Wastewater Treatment | Preparation of Visible Light Sensitive S-doped TiO <sub>2</sub> Nanotube Site-selectively Loaded With Co-catalysts            | T. Ohno, N. Murakami, T. Fukahori, Y. Fujisawa, K. Nishijima, T. Tsubota |

講演等(国内会議) 56件

| 発表年月         | 発表媒体                    | 発表タイトル                                   | 発表者                 |
|--------------|-------------------------|--|---------------------|
| 2008/6/6     | 光が関わる触媒化学シンポジウム         | WO <sub>3</sub> を用いた有機物質分解反応における各種助触媒の効果 | 荒井健男、柳田真利、杉原秀樹、佐山和弘 |
| 2008/7/16    | 第8回光触媒研究討論会             | 反応場が分離された高感度可視光応答型酸化チタン光触媒の開発            | 横野照尚                |
| 2008/7/16    | 第8回光触媒研究討論会             | 光触媒の抗ウイルス性能試験について                        | 中野竜一、石黒斉、梶岡実雄、窪田吉信  |
| 2008/7/16    | 第8回光触媒研究討論会             | 高性能な酸化タンゲステン光触媒の調製とその有機物分解反応             | 荒井健男、佐山和弘           |
| 2008/7/16    | 第8回光触媒研究討論会             | 酸化タンゲステンナノチューブの合成とその光触媒特性                | 宮内雅浩                |
| 2008/7/16    | 第8回光触媒研究討論会             | エネルギー貯蔵型光触媒                              | 立間徹、高橋幸奈、福西美香       |
| 2008/7/16    | 第8回光触媒研究討論会             | 可視光応答性光触媒の高活性化                           | 古南博                 |
| 2008/7/16    | 第8回光触媒研究討論会             | 可視光型酸化チタン光触媒における活性酸素種の検出                 | 野坂芳雄、平川力            |
| 2008/9/13    | 2008年光化学討論会講演要旨集        | レーザー誘起蛍光法による表面修飾型酸化チタンで生成するOHラジカルの検出     | 村上能規、太田育樹、平川力、野坂芳雄  |
| 2008/9/17    | 日本セラミックス協会、第21回秋季シンポジウム | ナノポーラス酸化タンゲステンナノチューブの可視光光触媒特性            | Z. Zhao, 宮内雅浩       |
| 2008/9/17~19 | 日本セラミックス協会秋季シンポジウム      | 光触媒と極限濡れ性：親水性と撥水性、動的撥水性                  | 渡部俊也、吉田直哉           |

|                  |   |   |  |
|------------------|---|---|--|
| 2008/9/18        | 環境科学会 2008 年会   | 太陽光と光触媒シートを利用した<br>原位置汚染土壌浄化方法の検討   | 桐谷久恵、砂田香矢乃、<br>磯和俊男、横山邦雄、<br>橋本和仁            |
| 2008/9/23        | 第 102 回触媒討論会  | 酸化タングステン系光触媒による<br>環境浄化反応における各種助触媒<br>の添加効果   | 堀口真澄、荒井健男、<br>柳田真利、杉原秀樹、<br>郡司天博、佐山和弘        |
| 2008/9/23        | 第 102 回触媒討論会  | 酸化鉄(III)光触媒の高活性化  | 今西正千代、橋本圭司、<br>古南博                           |
| 2008/9/23-<br>26 | 第 102 回触媒討論会  | チタン酸ナノチューブの水熱処理<br>による TiO <sub>2</sub> 光触媒の結晶構造制御  | 釜井孝晃、村上直也、<br>横野照尚                           |
| 2008/9/25        | 第 102 回触媒討論会  | 酸化チタン光触媒の新しい展開  | 立間徹  |
| 2008/9/26        | 第 102 回触媒討論会  | VOC 分解用の酸化タングステン<br>光触媒の高性能化  | 佐山和弘、林宏樹、荒<br>井健男、柳田真利、杉<br>原秀樹              |
| 2008/9/26        | 第 102 回触媒討論会  | WO <sub>3</sub> 光触媒を用いた VOC 分解反<br>応における助触媒添加効果ならび<br>に流通型試験における反応性の評<br>価                  | 荒井健男、堀口真澄、<br>柳田真利、杉原秀樹、<br>佐山和弘             |
| 2008/10/29       | 日本学術会議第 15 回公開界<br>面シンポジウム「ナノテクに<br>よる水と材料界面の新機能創<br>製、超撥水・超滑水・超親水」 | 超滑水材料の設計と作成   | 渡部俊也   |
| 2008/11/22       | 第 27 回固体・表面光化学討論<br>会   | フェムト秒拡散反射分光法による<br>酸化チタンおよび BiVO <sub>4</sub> のキャリ<br>アダイナミクス測定                             | 村上能規、Chatchai<br>Ponchio、高橋慎一郎、<br>野坂篤子、野坂芳雄 |
| 2008/12/2        | 第 15 回光触媒シンポジウム   | 銅化合物および Pd を助触媒とし<br>た WO <sub>3</sub> 光触媒による VOC 分解  | 佐山 和弘、荒井 健男                                  |
| 2008/12/2        | 第 15 回光触媒シンポジウム   | 酸化チタン光触媒のインフルエン<br>ザウイルスに対する不活化効果   | 中野竜一、石黒斉、梶<br>岡実雄、藤嶋昭、窪田<br>吉信               |
| 2008/12/2        | 第 15 回光触媒シンポジウム   | 酸化チタンを用いた光触媒反応に<br>よる抗ファージ効果の検討   | 石黒斉、中野竜一、梶<br>岡実雄、藤嶋昭、窪田<br>吉信               |
| 2008/12/2        | 第 15 回光触媒シンポジウム   | 撥水性セルフクリーニングを目標<br>とした金属（酸化物）薄膜の作製  | 陳長川、吉田直哉、渡<br>部俊也                            |
| 2008/12/2        | 第 15 回光触媒シンポジウム   | スパッタ法で作成したアモルファ<br>ス酸化チタン薄のポスト処理によ<br>る結晶化  | 柴山優子、尾形純、大<br>崎壽*、吉田直哉、渡<br>部俊也              |
| 2008/12/2        | 第 15 回光触媒シンポジウム   | 高度な水滴除去性を有する酸化チ<br>タン薄膜   | 吉田直哉、柴山優子、<br>陳長川、尾形純、渡部<br>俊也               |
| 2008/12/2        | 第 15 回光触媒シンポジウム   | スパッタ TiO <sub>2</sub> 膜の低温結晶化   | 多賀康訓、山口一憲、<br>古田健                            |
| 2008/12/2        | 第 15 回光触媒シンポジウム   | 新規な酸化鉄微粒子を用いた光触<br>媒活性の検討   | 縫田知宏、所裕子、角<br>淵由英、橋本和仁、<br>大越慎一              |
| 2008/12/2        | 第 15 回光触媒シンポジウム   | Hollow Tungsten Oxide Structures as<br>Highly-active Visible-light-driven<br>Photocatalysts | Z. Zhao, 宮内雅浩                                |



|           |                               |  |  |
|-----------|-------------------------------|--|--|
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | WO <sub>3</sub> ナノ樹状薄膜の光誘起超親水化   | 渋谷直哉, 宮内雅浩                             |
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | 高活性光触媒十面体酸化チタン微粒子の開発   | 杉下紀之、黒田靖、大谷文章                          |
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | 可視光応答光触媒—Cu/TiO <sub>2</sub> , Cu/WO <sub>3</sub>                                  | 黒田靖、細木康弘、三林正幸                          |
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | 酸化エネルギー貯蔵型光触媒による有機物酸化反応の検討   | 高橋幸奈, 楊 菲, 立間徹                         |
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | 実用可視光応答光触媒 : Cu(II)/WO <sub>3</sub> , Fe(III)/WO <sub>3</sub> , WC/WO <sub>3</sub> | 入江寛、余火根、橋本和仁                           |
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | 多孔質光触媒材料による脱臭と水質浄化   | 弥永都、桐谷久恵、砂田香矢乃、大西伸夫、横山邦雄、橋本和仁          |
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | 光触媒シートを利用した VOC 汚染土壌の原位置浄化方法の検討  | 桐谷久恵、砂田香矢乃、磯和俊男、横山邦雄、橋本和仁              |
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | JIS R 1701 試験装置の CFD 解析  | 三木慎一郎、徳永                               |
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | WC/WO <sub>3</sub> 可視光応答型光触媒の最適化   | 金泳浩、入江寛、橋本和仁                           |
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | エレクトロスピンニング法による可視光応答型 TiO <sub>2</sub> -WO <sub>3</sub> 複合ファイバーの合成と光触媒活性           | 後藤友里、宇田川敬三、中田一弥、落合剛、酒井秀樹、村上武利、阿部正彦、藤嶋昭 |
| 2008/12/2 | 第 15 回光触媒シンポジウム               | 各種 TiO <sub>2</sub> 光触媒のペプチド分解特性の比較  | 門崎夏子、野坂篤子、野坂芳雄                         |
| 2009/3/16 | 日本セラミックス協会 2009 年年会           | 助触媒を位置選択的に析出させた WO <sub>3</sub> ナノ樹状薄膜の光触媒特性                                       | 渋谷直哉、宮内雅浩                              |
| 2009/3/19 | 技術情報センター「可視光反応型光触媒の開発と応用」セミナー | パラジウム・銅化合物などを助触媒とした酸化タングステン可視光反応型光触媒の開発の背景と応用                                      | 佐山 和弘                                  |
| 2009/3/19 | 技術情報センター「可視光反応型光触媒の開発と応用」セミナー | 各種可視光応答型光触媒の開発の現状と銅イオンを付着させた酸化タングステン可視光反応型光触媒の開発と応用                                | 入江寛、橋本和仁                               |
| 2009/3/27 | 2009 年日本化学会春季年会               | 市場拡大に向けた NEDO 光触媒産業創成プロジェクト  | 橋本和仁                                   |
| 2009/3/27 | 2009 年日本化学会春季年会               | 室内環境で働く高性能な可視光応答型酸化タングステン光触媒の開発  | 佐山和弘                                   |
| 2009/3/27 | 2009 年日本化学会春季年会               | 光触媒の抗ウイルス活性について  | 窪田吉信                                   |
| 2009/3/27 | 2009 年日本化学会春季年会               | ナノ構造を制御した酸化タングステン薄膜による可視光誘起超親水化  | 宮内雅浩                                   |
| 2009/3/27 | 2009 年日本化学会春季年会               | 高感度光触媒材料の開発  | 黒田靖                                    |
| 2009/3/27 | 2009 年日本化学会春季年会               | 光触媒応用商品による環境貢献   | 佐伯義光                                   |
| 2009/3/27 | 2009 年日本化学会春季年会               | 光触媒の現状および 可視光光触媒の応用展望  | 三木慎一郎                                  |
| 2009/3/27 | 2009 年日本化学会春季年会               | 酸化セリウム(IV)光触媒による有機化合物の完全無機化  | 田中淳皓、橋本圭司、古南博                          |

|           |                 |  |                                  |
|-----------|-----------------|--|----------------------------------|
| 2009/3/28 | 2009 年日本化学会春季年会 | 環境浄化用 CuO-WO <sub>3</sub> 光触媒の高性能化の研究                                    | 林宏樹、荒井健男、柳田真利、杉原秀樹、郡司天博、佐山和弘     |
| 2009/3/28 | 2009 年日本化学会春季年会 | エレクトロスピンニング法による可視光応答型 TiO <sub>2</sub> -WO <sub>3</sub> 複合ファイバーの合成と光触媒活性 | 後藤友里、中田一弥、落合剛、酒井秀樹、村上武利、阿部正彦、藤嶋昭 |
| 2009/3/28 | 2009 年日本化学会春季年会 | 金属イオン担持酸化チタンによる可視光光触媒反応とその解析   | 北野翔、角田勝俊、西村愛子、橋本圭司、古南博           |
| 2009/3/28 | 2009 年日本化学会春季年会 | 鉄イオン均一系光触媒による水中有害有機物の無害化   | 今西正千代、橋本圭司、古南博                   |
| 2009/3/31 | 電気化学会第 76 回大会   | 酸化チタン光触媒の超親水性機構の表面電位測定による解明  | 渡部太朗、村上能規、野坂篤子、野坂芳雄              |

特許等 12 件

| 出願日       | 受付番号                  | 出願に関わる特許等の標題  | 出願人                     |
|-----------|-----------------------|---|-------------------------|
| H20.4.23  | 特願<br>2008-112058     | 樹状物質およびそれを含む構造体   | 独立行政法人産業技術総合研究所         |
| H20.7.2   | 特願<br>2008-173229     | 固体表面の液体中における気体保持状態検知方法および装置   | 財団法人神奈川科学技術アカデミー        |
| H20.7.9   | 特願<br>2008-179019     | 無機薄膜及びその製造方法、並びにガラス   | 国立大学法人東京大学              |
| H20.9.12  | 特願<br>2008-234237     | 樹状物質およびそれを含む構造体<br>(優先権主張：H20.4.23 特願 2008-112058)                                    | 独立行政法人産業技術総合研究所         |
| H20.10.30 | 特願<br>2008-279828     | 光触媒材料、有機物分解方法、内装部材、空気清浄装置、酸化剤製造装置   | 国立大学法人東京大学、パナソニック電工株式会社 |
| H20.12.4  | 特願<br>2008-309378     | 酸化チタン粒子、その製造方法、磁気メモリ及び電荷蓄積型メモリ  | 国立大学法人東京大学              |
| H20.12.17 | 特願<br>2008-320529     | 光触媒体およびその製造方法   | 独立行政法人産業技術総合研究所         |
| H20.12.22 | 特願<br>2008-325532     | 無機薄膜及びその製造方法、並びにガラス<br>(優先権主張：H20.7.9 特願 2008-179019)                                 | 国立大学法人東京大学              |
| H20.12.25 | 特願<br>2008-330752     | 微小構造体、その製造方法、磁気メモリ及び電荷蓄積型メモリ  | 国立大学法人東京大学              |
| H21.1.23  | PCT/JP2009/0<br>51042 | 樹状物質およびそれを含む構造体<br>(優先権主張：H20.4.23 特願 2008-179019)<br>(優先権主張：H20.9.12 特願 2008-234237) | 独立行政法人産業技術総合研究所         |
| H21.3.17  | PCT/JP2009/0<br>55129 | 可視光活性を有する光触媒材料およびその製造方法<br>(優先権主張：H20.3.18 特願 2008-068877)                            | 国立大学法人東京大学、             |
| H21.3.19  | PCT/JP2009/0<br>55452 | 光触媒材料、有機物分解方法、内装部材、空気清浄装置、酸化剤製造装置<br>(優先権主張：H20.3.21 特願 2008-073930)                  | 国立大学法人東京大学、パナソニック電工株式会社 |

他 1 件

(平成 21 年度)

(1) 研究発表・講演 (口頭発表を含む)

原著論文 17 件

| 発表年月       | 発表媒体   | 発表タイトル  | 発表者   |
|------------|--|---|---|
| 2009/3/30  | J. Phys. Chem. C, 113, 6602-6609(2009).                | Reaction Mechanism and Activity of WO <sub>3</sub> -Catalyzed Photodegradation of Organic Substances Promoted by a CuO Cocatalyst                       | T. Arai, M. Horiguchi, M. Yanagida, T. Gunji, H. Sugihara, K. Sayama              |
| 2009/5/21  | J. Phys. Chem. C, 113, 10642-10646 (2009).             | Surface Wetting Behavior of a WO <sub>3</sub> Electrode under Light-irradiated or Potential-controlled Conditions                                       | M. Miyauchi, M. Shibuya, Z. Zhao, Z. Liu  |
| 2009/6/11  | J. Phys. Chem. C., 113, 10761-10766 (2009)             | Visible Light-Sensitive Cu(II)-Grafted TiO <sub>2</sub> Photocatalysts: Activities and X-ray Absorption Fine Structure Analyses                         | H. Irie, K. Kamiya, T. Shibamura, S. Miura, D. A. Ttyk, T. Yokoyama, K. Hashimoto |
| 2009/8/14  | Langmuir, 26, 796-801 (2010)                           | Visible-light-driven super-hydrophilicity by interfacial charge transfer between metal ions and metal oxide nanostructures                              | M. Miyauchi, Z. Liu, Z. Zhao, S. Anandan, H. Tokudome,                            |
| 2009/9/8   | J. Phys. Chem. C., 113, 17132-17137 (2009)             | Efficient visible light active CaFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /WO <sub>3</sub> based composite photocatalysts: effect of interfacial modification     | Z. Liu, Z. Zhao, M. Miyauchi,   |
| 2009/7/14  | Chem. Mater., 21, 2601-2603 (2009).                    | Decahedral Single-Crystalline Particles of Anatase Titanium(IV) Oxide with High Photocatalytic Activity   | F. Amano, O. O. Prieto-Mahaney, Y. Terada, T. Yasumoto, T. Shibayama, B. Ohtani   |
|            | Appl. Catal. B, Environmental, 92, 56-60 (2009)        | Development of a visible light-responsive titania nanotube photocatalyst by site-selective modification with hetero metal ions                          | N. Murakami, Y. Fujisawa, T. Tsubota, T. Ohno                                     |
|            | Appl. Catal. B, Environmental, 91, 634-639 (2009).     | Exposed Crystal Surface-controlled Rutile TiO <sub>2</sub> Nanorods Prepared by Hydrothermal Treatment in the Presence of Poly(vinyl pyrrolidone)       | E. Bae, T. Ohnn   |
|            | Applied Catalyses B, Environmental, 91, 533-538 (2009) | Characterization and photocatalytic performance of carbon-modified TiO <sub>2</sub> synthesized by using the hot CVD process                            | T. Tsubota, A. Ono, N. Murakami, T. Ohno  |
|            | Cat. Commun., 10, 963-966 (2009)                       | Novel hydrothermal preparation of pure brookite-type titanium(IV) oxide nanocrystal under strong acidic conditions                                      | N. Murakami, T. Kamai, T. Tsubota, T. Ohno  |
| 2009/11/26 | Catal. Commun., 11, 426-429 (2010).                    | Photocatalytic selective oxidation of methanol to methyl formate in gas phase over titanium(IV) oxide in a flow-type reactor                            | H. Kominami, H. Sugahara, K. Hashimoto  |
| 2010/11/20 | J. Appl.Catal.B: Environ. 94、150-157 (2010).           | Highly active WO <sub>3</sub> semiconductor photocatalyst prepared from amorphous peroxy-tungstic acid for the degradation of various organic compounds | K. Sayama, H. Hayashi, T. Arai, M. Yanagida, T. Gunji, H. Sugihara                |
|            | Cryst. Eng. Comm., 12, 532-537 (2010)                  | Control of crystal structure of titanium(IV) oxide by hydrothermal  | N. Murakami, T. Kamai, T. Tsubota, T. Ohno  |

|           |                                      |   |   |
|-----------|--------------------------------------|---|---|
|           |                                      | treatment of a titanate nanotube under acidic conditions  |   |
| 2010/1/13 | Chem. Commun., 46, 1529 (2010).      | Single crystalline zinc stannate nanoparticles for efficient photo-electrochemical devices  | M. Miyauchi, Z. Liu, Z. Zhao, S. Anandan, K. Hara |
| 2010/1/14 | Chem. Commun., 46, 1287-1289 (2010). | Mineralization of organic acids in aqueous suspensions of gold nanoparticles supported on cerium(IV) oxide powder under visible light irradiation         | H. Kominami, A. Tanaka, K. Hashimoto              |
| 2010/2/8  | Langmuir, 26, 7174-7180 (2010).      | Correlation between Surface Area and Photocatalytic Activity for Acetaldehyde Decomposition over Metal Oxide Photocatalysts with a Hierarchical Structure | F. Amano; K. Nogami; B. Ohtani                    |
| 2010/3/2  | Chem. Commun. 46, 3321-3323 (2010).  | Nature-inspired construction, characterization, and photocatalytic properties of single-crystalline tungsten oxide octahedra                              | Z. Zhao, Z. Liu, M. Miyauchi                      |

総説 17件

| 発表年月      | 発表媒体                          | 発表タイトル  | 発表者                    |
|-----------|-------------------------------|---|------------------------|
| 2009/4/14 | 光化学、40 (1)、62-68 (2009).      | 可視光応答光触媒の新展開  | 入江寛、橋本和仁               |
| 2009/4/22 | 会報光触媒、28、32-37(2009).         | 酸化チタン光触媒のインフルエンザウイルス等に対する不活化効果ー Qβ バクテリオファージを用いた検討ー   | 石黒斉、中野竜一、梶岡実雄、窪田吉信     |
| 2009/4/22 | 会報光触媒、28、22-25(2009).         | エレクトロスピンニング法および陽極酸化法による酸化チタンファイバーおよびナノチューブの作製とその光触媒特性 | 中田一弥、藤嶋昭               |
| 2009/4    | 触媒、51(3)、215-221(2009).       | 硫黄ドーパ可視光応答型酸化チタンナノチューブの開発と鉄イオンの位置選択的担持による高感度化         | 横野照尚、松村道雄              |
| 2009/4    | 触媒、51(3)、186-190 (2009)       | 環境浄化用光触媒の現状と今後の課題                                     | 大谷文章、阿部竜               |
| 2009/4    | 触媒、51(3)、234-238(2009)        | 酸化タングステン系光触媒による有機物分解                                  | 荒井健男、佐山和弘              |
| 2009/6    | クリーンテクノロジー、19(6)、27-30(2009)  | 高感度可視光応答型酸化チタン光触媒技術                                   | 横野照尚                   |
| 2009/6    | クリーンテクノロジー、19(6)、6-9(2009)    | 高性能な酸化タングステン光触媒の調製とその有機物分解                            | 佐山和弘                   |
| 2009/6    | クリーンテクノロジー、19(6)、40-43(2009)  | 医療現場における光触媒環境浄化装置                                     | 栗屋野伸樹                  |
| 2009/6    | クリーンテクノロジー、19(6)、14-16(2009). | 可視光型光触媒における反応活性種の検出                                   | 野坂芳雄                   |
| 2009/7/15 | 会報光触媒、29、38-43(2009)          | 光触媒反応による抗ウイルス効果評価法の代替法について                            | 中野竜一、石黒斉、姚燕燕、梶岡実雄、窪田吉信 |
| 2009/7/15 | 会報光触媒 Vol. 29、78-81(2009).    | 環境浄化のための酸化タングステン光触媒の高性能化                              | 佐山和弘                   |
| 2009/7/15 | 会報光触媒、29、32-37(2009).         | 可視光応答型光触媒の反応過程の解析                                     | 野坂芳雄、坂本穂高              |

|           |  |  |          |
|-----------|--|--|----------|
| 2009/7/15 | 会報光触媒、29、66-69 (2009).                               | 新規可視光応答性光触媒材料の開発                         | 古南博      |
| 2009/12/8 | 工業製品技術協会 セラミックデータブック 2009 年版、37 (91), 97-100 (2009). | Cu 系および Pd 系助触媒を担持した酸化タングステン系光触媒による有機物分解 | 佐山和弘     |
|           | 日本薬学会誌「ファルマシア」、45、233 (2009)                         | 酸化チタン光触媒の最前線                             | 中田一弥、藤嶋昭 |
|           | KEC情報、212、37-43 (2010)                               | 光触媒によるエコと省エネ                             | 村上武利     |

講演等(国際会議) 15 件

| 発表年月       | 発表媒体   | 発表タイトル   | 発表者   |
|------------|--|--|---|
| 2009/6/15  | PacRim-8   | Visible-Light-Driven Photocatalysts Based on Tungsten Oxide Nanostructures   | M. Miyauchi   |
| 2009/7/19  | ICP2009  | Photocatalytic selective oxidation of methanol to methyl formate over titanium(IV) oxide and promoting effect of palladium loading                     | Hiroshi Kominami, Hiroshi Sugahara, Shin-ya Yada, Keiji Hashimoto                             |
| 2009/7/19  | ICP2009  | Homogeneous Photocatalytic Mineralization of Organic Compounds in Aqueous Solutions of Iron Ions   | Masachiyo Imanishi, Keiji Hashimoto, Hiroshi Kominami   |
| 2009/9/14  | 1st International Workshop on Application of Redox Technologies in the Environment       | Development of a Visible Light Responsive Rutile Titanium Dioxide Photocatalyst by Modification of Transition Metal Ion                                | T. Ohno, T. Chiyoya, N. Murakami, T. Tsubota  |
| 2009/9/14  | 1st International Workshop on Application of Redox Technologies in the Environment       | Shape-Controlled Anatase Titanium(IV) Oxide Particles Prepared by Hydrothermal Treatment of Peroxo Titanic Acid in the Presence of Hydrophobic Polymer | N. Murakami, Y. Kurihara, T. Ohno   |
| 2009/9/14  | First International Workshop on Advanced Redox Technologies in the Environment           | PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF ANATASE AND RUTILE TITANIUM(IV) OXIDE: A FUNDAMENTAL STUDY  | B. Ohtani, O. O. Prieto-Mahaney, D. Li, F.Amano, R. Abe                                       |
| 2009/9/18  | International Meeting on Interdisciplinary Chemistry 2009 at Ikaho                       | Dependence of Photocatalytic Activities on the Crystal Structure of Titanium(IV) Oxide Particles   | Bunsho Ohtani, Orlando-Omar Prieto-Mahaney, Fumiaki Amano and Ryu Abe                         |
| 2009/9/26  | 16th SIEMME  | Soil Cleanup Using Photocatalytic Sheet and Observation of TiO <sub>2</sub> Aerosol from the Sheet   | H. Kiriya, K. Sunada, T. Isowa, K. Yokoyama, K. Hashimoto                                     |
| 2009/9/26  | 16th SIEMME  | A highly efficient visible-light sensitive Fe(III)/TiO <sub>2</sub> photocatalyst  | Huogen Yu, Hiroshi Irie, Kazuhito Hashimoto   |
| 2009/10/6  | TiO <sub>2</sub> -14 + 25 Years of Research in TiO <sub>2</sub> Photocatalysis + AOTs-15 | Decahedral Anatase Particles of Higher Photocatalytic Activity Prepared by Gas Phase Process   | Bunsho OHTANI   |
| 2009/10/9  | 216th Electrochemical Society Meeting  | Photoinduced process at gold nano particles deposited on TiO <sub>2</sub> photocatalysts   | Y. Nosaka, H. Sakamoto, S. Takahashi, H. Saitou, S. Kishioka                                  |
| 2009/10/16 | The 12th Japan-Korea Symposium on Catalysis  | Decahedral and Octahedral Single-Crystalline Mesoscopic Particles of Anatase Titanium(IV) Oxide of High Photocatalytic Activity                        | B. Ohtani, F. Amano, T. Yasumoto, O. O. Prieto Mahaney, S. Uchida, T. Shibayama and Y. Terada |

|            |           |  |   |
|------------|-----------|--|---|
| 2009/11/8  | AVS       | Reduction of Friction Drag by Superhydrophobic/ Superhydrophilic Coatings        | Munetoshi Sakai, Akira Nakajima,  |
| 2009/12/11 | IFPF      | Design and Development of Highly Active Titania Photocatalysts                   | Bunsho Ohtani   |
| 2010/1/9   | ISEPD2010 | Visible-light-responding Photocatalysts Using Metal Oxide and Metal Interactions | Hiroshi Kominami, Katutoshi Sumida, Atsuhiko Tanaka, Sho Kitano and Keiji Hashimoto |

講演等(国内会議) 57 件

| 発表年月      | 発表媒体                              | 発表タイトル  | 発表者                          |
|-----------|-----------------------------------|---|------------------------------|
| 2009/4/16 | 第5回東京大学生産技術研究所計測技術開発センター公開シンポジウム、 | バイオセンサと光触媒の新技術  | 立間徹                          |
| 2009/4/22 | 第 21 回講演会 新しい光触媒材料と光触媒応用技術の最新動向   | エレクトロスピンニング法および陽極酸化法による酸化チタンファイバーおよびナノチューブの作製とその光触媒特性   | 中田一弥                         |
| 2009/4/22 | 第 21 回講演会 新しい光触媒材料と光触媒応用技術の最新動向   | 酸化チタン光触媒のウイルス(インフルエンザ等)に対する不活化効果  | 窪田吉信                         |
| 2009/6/6  | 医療機関におけるホルムアルデヒド対策研修会             | 医療現場ホルムアルデヒド対策における光触媒環境浄化装置使用について<br>(ホルムアルデヒド法改正に伴う医療現場の対応の一環として)  | 安藤仁                          |
| 2009/7/5  | 新潟病理技術研修会                         | 医療現場ホルムアルデヒド対策における光触媒環境浄化装置使用について   | 安藤仁                          |
| 2009/7/15 | 第 9 回光触媒研究討論会                     | 酸化タングステンをベースにした超親水化薄膜の開発  | 宮内雅浩                         |
| 2009/7/15 | 第 9 回光触媒研究討論会                     | 環境浄化のための酸化タングステン光触媒の高性能化  | 佐山和弘                         |
| 2009/7/15 | 第 9 回光触媒研究討論会                     | 酸化エネルギー貯蔵型光触媒   | 立間徹、楊菲、高橋幸奈                  |
| 2009/7/15 | 第 9 回光触媒研究討論会                     | 可視光応答型光触媒の反応過程の解析   | 野坂芳雄、坂本穂高                    |
| 2009/7/15 | 第 9 回光触媒研究討論会                     | 光触媒反応による抗ウイルス効果評価法の代替法について  | 中野竜一、石黒斉、姚燕燕、梶岡実雄、窪田吉信       |
| 2009/7/15 | 第 9 回光触媒研究討論会                     | 新規可視光応答性光触媒材料の開発  | 古南 博                         |
| 2009/9/10 | 環境科学会 2009 年会                     | 光触媒シートを利用した低コスト汚染土壌浄化方法の実証試験  | 桐谷久恵、砂田香矢乃、磯和俊男、横山邦雄、橋本和仁    |
| 2009/9/10 | 2009 年電気化学秋季大会                    | Construction of Single-Crystalline Tungsten Oxide Octahedrons and their Photocatalytic Properties                             | Z. Zhao, Z. Liu, M. Miyauchi |
| 2009/9/10 | 2009 年電気化学秋季大会                    | Visible light active $\text{CaFe}_2\text{O}_4/\text{WO}_3$ based composite photocatalysts: effect of interfacial modification | Z. Liu, M. Miyauchi          |

|            |                                     |   |                              |
|------------|-------------------------------------|---|------------------------------|
| 2009/9/10  | 2009 年電気化学秋季大会                      | エネルギー貯蔵型光触媒によるメタノールの酸化反応  | 楊菲、高橋幸奈、坂井伸行、立間徹             |
| 2009/9/10  | 2009 年電気化学秋季大会                      | ルチル型二酸化チタンナノロッドの合成と面選択的金属担持による可視光応答化  | 小野麻実、横野照尚                    |
| 2009/9/10  | 2009 年電気化学秋季大会                      | Exposed Crystal Surface-controlled Rutile TiO <sub>2</sub> Nanorods Prepared by Hydrothermal Treatment in the Presence of Poly(vinyl pyrrolidone) | E. Bae、横野照尚                  |
| 2009/9/10  | 2009 年電気化学秋季大会                      | 活性酸素の検出による可視光応答型光触媒反応機構の解析  | 坂本穂高、岸岡真也、野坂芳雄               |
| 2009/9/15  | 日本防菌防黴学会 第 36 回年次大会                 | 酸化チタン光触媒によるインフルエンザウイルスの不活化効果  | 中野竜一、石黒斉、梶岡実雄、窪田吉信           |
| 2009/9/17  | 第 104 回触媒討論会                        | 鉄イオン均一系光触媒による有害有機物の分解   | 今西正千代・橋本圭司・古南 博              |
| 2009/9/17  | 第 104 回触媒討論会                        | ロジウムイオンー金属酸化物系材料による可視光光触媒反応   | 北野 翔・橋本圭司・古南 博               |
| 2009/9/17  | 第 104 回触媒討論会                        | 金修飾酸化セリウム(IV)微粒子による可視光光触媒反応   | 田中淳皓・橋本圭司・古南 博               |
| 2009/9/17  | 第 104 回触媒討論会                        | 表面構造制御されたアナターズ型酸化チタン(IV)光触媒の反応特性  | 村上直也、栗原悠、横野照尚                |
| 2009/9/17  | 第 104 回触媒討論会                        | 鉄(III)イオンとの複合化による酸化ニオブ(V)の可視光応答型光触媒反応特性   | 堤俊之、村上直也、横野照尚                |
| 2009/9/17  | 第 104 回触媒討論会                        | 鉄系酸化物光触媒の開発と可視光光触媒特性  | 松尾卓馬、村上直也、横野照尚               |
| 2009/9/17  | 第 104 回触媒討論会                        | 高活性光触媒十面体酸化チタン微粒子の開発  | 杉下紀之、黒田靖、大谷文章                |
| 2009/9/17  | 第 104 回触媒討論会                        | 環境浄化を目的とした CuO-WO <sub>3</sub> 光触媒の高性能化   | 林宏樹・草間 仁・小西由也・杉原秀樹・郡司天博・佐山和弘 |
| 2009/10/16 | 粉体工学講演会                             | 表面構造制御した酸化チタン光触媒ナノ粒子の合成と性能評価  | 横野照尚、村上直也                    |
| 2009/10/23 | 国際光触媒展 2009                         | 光触媒による抗ウイルス効果の研究  | 石黒斉                          |
| 2009/10/23 | 国際光触媒展 2009                         | 光触媒とは？  | 村上武利                         |
| 2009/10/29 | 平成 21 年度 JICA 集団研修「環境に配慮した空港整備計画策定」 | 「環境に配慮した空港」のための民間企業技術の導入例   | 安藤仁                          |
| 2009/11/11 | 2009-HOSPEX Japan                   | 光触媒を用いた環境浄化装置によるウイルスの不活性化の可能性   | 安藤 仁                         |
| 2009/11/21 | 第 28 回固体・表面光化学討論会                   | 可視光応答型光触媒の反応初期過程  | 野坂芳雄、坂本穂高、高橋慎一郎、村山誠悟、岸岡真也    |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム                     | 一次元ナノ構造を有する酸化チタンの光触媒性能と過渡吸収評価   | 脇畑行博、實平義隆、内田聡、久保貴哉、宮内雅浩、瀬川浩司 |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム                     | 可視光による超親水化薄膜の開発   | 宮内雅浩                         |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム                     | 光触媒を用いた室内環境浄化内装建材の開発  | 柳井俊輔、世継和也                    |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム                     | 可視光応答型光触媒によるダニアルゲンの不活性化の検討  | 絹川謙作、三木慎一郎、井原望               |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム                     | 可視光下でウイルスを不活化する光  | 砂田香矢乃、余火根、                   |

|            |                           |  |   |
|------------|---------------------------|--|---|
|            |                           | 触媒材料   | 石黒斉、中野竜一、橋本和仁                               |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 環境浄化用光触媒材料のリスク評価とそれを用いた工場廃液脱臭試験  | 弥永都、桐谷久恵、砂田香矢乃、大西伸夫、橋本和仁                    |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 光触媒シートを利用した VOC 汚染土壌浄化の実証試験  | 桐谷久恵、砂田香矢乃、横山邦雄、磯和俊男、橋本和仁                   |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | Design of Titanium Oxide as an Efficient Visible Light-Sensitive Photocatalyst | Hougen Yu, Hiroshi Irie, Kazuhito Hashimoto |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 可視光応答型光触媒材料と抗ウイルス効果  | 橋本和仁  |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 可視光型光触媒による酸化エネルギー貯蔵  | 楊菲、高橋幸奈、坂井伸行、立間徹                            |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 銀担持酸化チタン光触媒による抗ウイルス効果  | 石黒斉、中野竜一、姚燕燕、梶岡実雄、藤嶋昭、窪田吉信                  |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 光触媒反応による抗ウイルス効果評価法の代替法について   | 中野竜一、石黒斉、姚燕燕、梶岡実雄、窪田吉信                      |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 光触媒を用いた環境浄化装置の開発   | 富樫邦弘、橋場秀幸、北口昌一、山田高也、関正彦                     |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 住宅外壁向け光触媒塗料の光触媒性能を支配する紫外線領域で生成する活性酸素種の検討                                       | 村山誠悟、小熊淳一、山松節男、野坂芳雄                         |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 電子スピン共鳴法による可視光応答型光触媒で生成したラジカルの検出   | 高橋慎一郎、野坂芳雄                                  |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 活性酸素種の検出による可視光応答型光触媒反応機構の解析  | 坂本穂高、野坂芳雄                                   |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 高感度光触媒材料(開発品)  | 細木康弘、杉下紀之、李定、三林正幸、黒田靖                       |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 金属酸化物からなる光相転移材料の創製   | 大越慎一  |
| 2009/12/2  | 第 16 回光触媒シンポジウム           | 二酸化チタン光触媒を用いた超親水性表面上での流動抵抗低減   | 酒井宗寿・西村正輝・中島章・藤嶋昭                           |
| 2009/12/15 | (財)光産業技術振興協会講演会           | 太陽エネルギーを利用した環境作りーナノレベルで表面構造制御された可視光応答型光触媒ー                                     | 横野照尚、村上直也                                   |
| 2010/2/5   | 光触媒工業会 平成 21 年度第 2 回技術研究会 | 光触媒のウイルスに対する不活化効果  | 石黒斉   |
| 2010/3/30  | 電気化学会第 77 回大会             | ルチル型 TiO <sub>2</sub> ナノロッドによる可視光誘起超親水化薄膜                                      | 宮内雅浩  |
| 2010/3/30  | 電気化学会第 77 回大会             | 可視光で機能する酸化エネルギー貯蔵型光触媒  | 楊菲、高橋幸奈、坂井伸行、立間徹                            |
| 2010/3/30  | 電気化学会第 77 回大会             | Cu-Pd 二元系助触媒を担持した WO <sub>3</sub> 光触媒による有機物分解                                  | 高原亮策、小西由也、杉原秀樹、郡司天博、佐山和弘                    |



特許等 22 件

| 出願日                  | 受付番号                  | 出願に関わる特許等の標題   | 出願人                          |
|----------------------|-----------------------|--|------------------------------|
| 平成 21 年<br>7 月 8 日   | PCT/JP2009/0<br>62424 | 無機薄膜及びその製造方法、並びにガラス  | 東京大学                         |
| 平成 21 年<br>7 月 13 日  | PCT/JP2009/0<br>62677 | 微小構造体、その製造方法、磁気メモリ及び電荷蓄積型メモリ及び光情報記録媒体                        | 東京大学                         |
| 平成 21 年<br>7 月 23 日  | 特 願<br>2009-172466    | 液体流動抵抗抑制表面構造および基材表面の液体流動抵抗抑制方法                               | (財)神奈川科学技術アカデミー              |
| 平成 21 年<br>7 月 30 日  | 特 願<br>2009-177613    | 光触媒材料及びその製造方法  | 東京大学、昭和電工(株)                 |
| 平成 21 年<br>9 月 4 日   | 特 願<br>2009-205175    | 無機薄膜及びその製造方法、構造体、並びに無機薄膜の滑水性回復方法                             | 東京大学                         |
| 2009 年 8<br>月 24 日   | 特 願<br>2009-193213    | 金属酸化物粒子の製造方法及び製造装置   | 北海道大学、昭和電工(株)                |
| 平成 21 年<br>9 月 18 日  | 特 願<br>2009-217216    | 可視光応答性光触媒の改質方法及び改質された可視光応答性光触媒並びに該光触媒を用いた有機物の分解方法と該改質を実施する装置 | 産業技術総合研究所                    |
| 平成 21 年<br>10 月 14 日 | 特 願<br>2009-237445    | 光触媒、コーティング剤、内装材、及び光触媒の製造方法                                   | 積水樹脂(株)                      |
| 平成 21 年<br>10 月 8 日  | 特 願<br>2009-234370    | 銅イオン修飾参加チタン及びその製造方法、並びに光触媒                                   | 東京大学、昭和電工(株)                 |
| 平成 21 年<br>10 月 19 日 | 特 願<br>2009-240680    | ウイルスを不活化する方法及び抗ウイルス性付与物品                                     | 東京大学、昭和電工(株)、(財)神奈川科学技術アカデミー |
| 平成 21 年<br>10 月 29 日 | PCT/JP2009/0<br>68572 | 光触媒材料、有機物分解方法、内装部材、空気清浄装置、酸化剤製造装置                            | 東京大学、パナソニック電工(株)             |
| 2009 年 11<br>月 25 日  | 特 願<br>2009-268099    | コーティング組成物及び塗装品   | パナソニック電工(株)                  |
| 2009 年 11<br>月 25 日  | 特 願<br>2009-268070    | コーティング組成物及びその塗装品   | パナソニック電工(株)                  |
| 平成 21 年<br>11 月 26 日 | 特 願<br>2009-268240    | 微小構造体及びその製造方法  | 東京大学                         |
| 平成 21 年<br>11 月 26 日 | PCT/JP2009/0<br>69973 | 酸化チタン粒子、その製造方法、磁気メモリ及び電荷蓄積型メモリ                               | 東京大学                         |
| 2009 年 11<br>月 30 日  | 特 願<br>2009-272342    | 可視光応答型光触媒コーティング材、コーティング処理物及びアレルギー不活性化方法                      | パナソニック電工(株)、東京大学             |
| 2009 年 11<br>月 30 日  | 特 願<br>2009-272343    | 空間の浄化方法及び空間の浄化設備   | パナソニック電工(株)、東京大学             |
| 平成 21 年<br>12 月 24 日 | 特 願<br>2009-292258    | ウイルス不活化剤   | 東京大学、KAST                    |
| 平成 22 年<br>1 月 4 日   | 特 願<br>2010-000021    | 酸化チタン及びその製造方法  | 東京大学                         |
| 平成 22 年<br>2 月 10 日  | 特願 2010-027           | 光触媒機能を有する撥水性構造体  | (財)神奈川科学技術アカデミー              |
| 平成 22 年<br>3 月 12 日  | 特 願<br>2010-056048    | 微生物不活化剤  | 東京大学、KAST                    |
| 2010/03/25           | 特 願<br>2010-069170    | 抗菌作用を持つタンゲステン酸化物二次構造体  | 産業技術総合研究所                    |

(平成 22 年度)

## (1) 研究発表・講演（口頭発表を含む）

原著論文 23 件

| 発表年月      | 発表媒体   | 発表タイトル  | 発表者  |
|-----------|--|---|--|
| 2010/4/2  | Top. Catal., 53, 455-461 (2010).                 | Highly Active Titania Photocatalyst Particles of Controlled Crystal Phase, Size, and Polyhedral Shape   | B. Ohtani; F. Amano; T. Yasumoto; O. O. Prieto-Mahaney; S. Uchida; T. Shibayama; Y. Terada |
| 2010/4/26 | Appl. Catal.B: Environ., 96, 142-147 (2010).     | Characterization of Cr(III)-Grafted TiO <sub>2</sub> for Photocatalytic Reaction under Visible Light  | H. Irie, T. Shibanuma, K. Kamiya, S. Miura, T. Yokoyama, K. Hashimoto                      |
| 2010/4/5  | J. Adv. Oxidat. Tech., 13(3), 247-261 (2010)     | What Are Titania Photocatalysts?—An Exploratory Correlation of Photocatalytic Activity with Structural and Physical Properties  | B. Ohtani, O.O. Prieto-Mahaney, F. Amano, N. Murakami, R. Abe                              |
| 2010/5/21 | Phys. Chem. Chem. Phys., 12, 5166-5170 (2010).   | Oxidation of Methanol and Formaldehyde to CO <sub>2</sub> by a Photocatalyst with an Energy Storage Ability   | F. Yang, Y. Takahashi, N. Sakai, and T. Tatsuma,   |
| 2010/5/23 | Nature Chemistry, 2, 539-545 (2010).             | Synthesis of a metal oxide with a room temperature photo-reversible phase transition  | S. Ohkoshi, Y. Tsunobuchi, T. Matsuda, K. Hashimoto, A. Namai, F. Hakoe, H. Tokoro         |
| 2010/5/26 | J. Am. Chem. Soc., 132, 6898-6899 (2010).        | Conduction Band Energy Level Control of Titanium Dioxide: Toward an Efficient Visible-Light-Sensitive Photocatalyst   | H. Yu, H. Irie, K. Hashimoto   |
|           | Current Organic Chemistry, 14, 699-708(2010).    | Development of Visible-light Active S-doped TiO <sub>2</sub> Photocatalyst  | T. Ohno, N. Murakami   |
|           | Chemistry Letters, 2010, 39, 352-353             | Photocatalytic homogeneous oxidation of organic compounds in aqueous solutions containing iron(III) ion: A very simple method for mineralization of organic pollutants in water                           | M. Imanishi, K. Hashimoto, H. Kominami   |
|           | Chem. Lett., 39(5), 482-484 (2010).              | Removing an Air Layer from a Superhydrophobic Surface in Flowing Water  | M. Sakai, A. Nakajima, A. Fujishima  |
| 2010/7/14 | Chem.Lett., 39(8), 884--885 (2010).              | Photocatalytic and Antibacterial Activities over WO <sub>3</sub> on Glass Filters   | K. Sayama, H. Hayashi, Y. Konishi, T. Gunji, H. Sugihara                                   |
| 2010/9/1  | J. Phys. Chem. C, 114 (39), 16481-16487 (2010) . | An Efficient Visible-Light-Sensitive Fe(III)-Grafted TiO <sub>2</sub> Photocatalyst   | H. Yu, H. Irie, Y. Shimodaira, Y. Hosogi, Y. Kuroda, M. Miyauchi, K. Hashimoto             |
| 2010/10/8 | J. Am. Chem. Soc. 132, 15259-15267 (2010)        | Novel Visible Light-driven Cu(II)-(Sr <sub>1-y</sub> Na <sub>y</sub> )(Ti <sub>1-x</sub> Mo <sub>x</sub> )O <sub>3</sub> Photocatalysts Based on the Conduction Band Control and Surface Ion Modification | X. Qiu, M. Miyauchi, H. Yu, K. Hashimoto   |

|           |   |   |   |
|-----------|---|---|---|
| 2010/9/21 | Appl. Catal. B Environ. 100, 502-509 (2010).          | ZnO-based visible-light photocatalyst: Band-gap engineering and multi-electron reduction by co-catalyst   | A. Srinivasan, N. Ohashi, M. Miyauchi   |
| 2010/5    | Chemistry Letters, 2010, 39, 627-629                  | Photocatalytic degradation of 2-propanol under irradiation of visible light by nanocrystalline titanium(IV) oxide modified with rhodium ion using adsorption method   | S. Kitano, K. Hashimoto, H. Kominami  |
|           | Applied Catalysis B: Environmental, 101 (2011)        | Photocatalytic degradation of 2-propanol over metal-ion-loaded titanium(IV) oxide under visible light irradiation: Effect of physical properties of nano-crystalline titanium(IV) oxide   | S. Kitano, K. Hashimoto, H. Kominami  |
|           | Applied Catalysis B: Environmental, 97 (2010) 213-219 | Homogeneous photocatalytic mineralization of acetic acid in an aqueous solution of iron ion   | M. Imanishi, K. Hashimoto, H. Kominami.   |
| 2010/7/30 | J. Photochem. Photobiol. A Chem, 216, 179-182 (2010). | What is Degussa (Evonik) P25? Crystal composition analysis, reconstruction from isolated pure particles, and photocatalytic activity test   | B. Ohtani, O.O. Prieto-Mahaney, D. Li, R. Abe                                   |
| 2010/6    | Catalysis Today, 21, 2288-2293 (2011).                | Preparation of Decahedral Anatase Titania Particles with High-Level Photocatalytic Activity   | N. Sugishita, Y. Kuroda, B. Ohtani  |
|           | Journal of Materials Chemistry, 21, 2288-2293 (2011). | Visible Light Driven Photocatalysts with Oxidative Energy Storage Abilities   | F. Yang, Y. Takahashi, N. Sakai, T. Tatsuma                                     |
|           | Catalysis Today, 164, 404-409 (2011).                 | Photocatalytic mineralization of volatile organic compounds over commercial titanium(IV) oxide modified with rhodium(III) ion under visible light irradiation and correlation between physical properties and photocatalytic activity | S. Kitano, K. Hashimoto, H. Kominami  |
|           | Chemistry Letters, 40, 354-356 (2011).                | Photocatalytic Mineralization of Acetic Acid in Aqueous Suspension of Metal-loaded Cerium(IV) Oxide under Irradiation of Visible Light  | Atsuhiko Tanaka, Keiji Hashimoto, Hiroshi Kominami                              |
|           | Applied Catalysis A General, 397, 121-126 (2011).     | Gold nanoparticles supported on cerium(IV) oxide powder for mineralization of organic acids in aqueous suspensions under irradiation of visible light of $\lambda = 530$ nm   | Hiroshi Kominami, Atsuhiko Tanaka, Keiji Hashimoto                              |
|           | Applied Catalysis B, 106: 592-599, 2011.              | Antibacterial performance of a novel photocatalytic-coated cordierite foam for use in air cleaners.   | Yanyan Yao, Tsuyoshi Ochiai, Hitoshi Ishiguro, Ryuichi Nakano, Yoshinobu Kubota |

総説 42 件

| 発表年月      | 発表媒体                      | 発表タイトル       | 発表者          |
|-----------|---------------------------|--------------|--------------|
| 2010/4/12 | OHM, 97(4), 35-38 (2010). | 可視光応答型光触媒の開発 | 大谷文章, 阿部竜, 天 |

|           |                                |   |                        |
|-----------|--------------------------------|---|------------------------|
|           |                                |   | 野史章                    |
| 2010/4/19 | 会報光触媒、31、40-45(2010)           | 反応活性種の検出と可視光応答型光触媒の反応機構                         | 野坂芳雄                   |
| 2010/4/19 | 会報光触媒、31、22-27(2010).          | 可視光応答型光触媒によるダニアルゲン不活性化の研究                       | 絹川謙作、三木慎一郎、井原望         |
| 2010/4/19 | 会報光触媒、31、28-31(2010).          | 光触媒を用いた室内環境浄化内装建材の開発                            | 柳井俊輔                   |
| 2010/4/19 | 会報光触媒、31、6-11(2010).           | 高感度光触媒材料(開発品)                                   | 細木康弘、杉下紀之、李定、三林正幸、黒田靖  |
| 2010/4/19 | 会報光触媒、31、58-61 (2010).         | 金属酸化物からなる光相転移材料の創製                              | 大越慎一                   |
| 2010/4/19 | 会報光触媒、31、18-21(2010).          | 可視光応答型光触媒材料と抗ウイルス効果                             | 砂田香矢乃、余火根、橋本和仁         |
|           | JST 産学連携ジャーナル、6月号、17-20(2010). | 事業化広がる光触媒                                       | 村上 武利、藤嶋 昭             |
| 2010/7    | 月刊マテリアル・ステージ、2010年7月号、37-39.   | 銅イオン/酸化タングステン可視光応答型光触媒材料の開発と応用                  | 細木康弘、黒田靖               |
| 2010/7/14 | 会報光触媒、Vol.32、62-63(2010).      | Cu イオン、Fe イオン担持可視光応答型光触媒                        | 橋本和仁                   |
| 2010/7/14 | 会報光触媒、Vol.32、20-23(2010).      | 酸化チタンの光誘起超親水性による流動抵抗の低減                         | 中島章、酒井宗寿、西村正輝、磯部敏宏     |
| 2010/7/14 | 会報光触媒、Vol.32、54-57(2010).      | チタン酸ストロンチウムをベースにした可視光型光触媒～バンドエンジニアリングと助触媒の担持効果～ | 宮内雅浩、Xiaoqing Qiu、橋本和仁 |
| 2010/7/14 | 会報光触媒、Vol.32、50-53(2010).      | 伝導帯制御による酸化チタンの可視光応答化                            | 入江寛、余火根、橋本和仁           |
| 2010/7/14 | 会報光触媒、Vol.32、44-45(2010).      | 酸化タングステン光触媒の高性能化とその応用展開                         | 佐山和弘                   |
| 2010/7/14 | 会報光触媒、Vol.32、58-61(2010).      | 鉄イオンを担持した酸化チタン光触媒の反応機構                          | 野坂芳雄、高橋慎一郎             |
| 2010/7/15 | 標準化と品質管理、163(8)、2-6(2010).     | 光触媒のしくみ、原理及び将来の見通し                              | 村上武利、藤嶋昭               |
|           | 塗装工学、45(9)、p.348-353.          | 光触媒反応による抗菌・抗ウイルス効果とナノリスク評価                      | 砂田香矢乃、橋本和仁             |
| 2010/7/15 | 工業材料、8月号、31-35.                | 可視光応答型光触媒の反応メカニズム                               | 野坂芳雄                   |
| 2010/7/15 | 工業材料、8月号、                      | 光触媒フィルターと光触媒環境浄化装置                              | 安藤仁                    |
| 2010/7/15 | 工業材料、8月号、23-26                 | 光触媒反応による抗ウイルス効果                                 | 石黒斉、中野竜一、窪田吉信          |
|           | 化学、2010年10月号、30-34             | 光で金属-半導体転移する金属酸化物                               | 大越慎一                   |
|           | セラミックス誌、2010年12月号、984-989      | 酸化タングステン系超親水化薄膜の研究開発                            | 宮内雅浩                   |
|           | セラミックス誌、2010年12月号、1021-1024    | 光触媒を用いた環境浄化技術の開発                                | 北崎聡                    |
|           | セラミックス誌、2010年12月号、1017-1020    | 光触媒を用いた高性能空気浄化システムの開発                           | 安藤仁、栗屋野伸樹              |
|           | セラミックス誌、2010年12月号、1013-1016    | 可視光応答型光触媒の屋内空間への適用                              | 三木慎一郎                  |
|           | セラミックス誌、2010年12月号、964-967      | 可視光応答型光触媒材料の最近の進展について                           | 砂田香矢乃、橋本和仁             |

|           |  |   |                              |
|-----------|--|---|------------------------------|
|           | セラミックス誌、2010年12月号、968-972  | 可視光応答型酸化チタンの材料設計  | 入江寛、橋本和仁                     |
|           | セラミックス誌、2010年12月号、1002-1005  | 光触媒反応による抗菌・抗かび及び抗ウイルス評価                                   | 石黒斉、木村太門、中野竜一、窪田吉信           |
|           | セラミックス誌、2010年12月号、1006-1009.   | 高感度光触媒材料の開発   | 黒田靖、細木康弘                     |
|           | セラミックス誌、2010年12月号、973-977.   | 可視光応答型光触媒の反応機構  | 野坂芳雄                         |
|           | 色材協会誌、2010年12月号、511-515  | 界面電荷移動機構に基づく酸化チタン光触媒の可視光応答化                               | 入江寛、橋本和仁                     |
|           | 色材協会誌、83, 522-529 (2010).  | 超撥水表面での水滴と水中での空気層の挙動                                      | 酒井宗寿、中島章                     |
|           | 日本結晶成長学会誌、2011年1月号、2-8   | 新規機能性を備えた金属酸化物ナノ微粒子の化学的創製                                 | 生井飛鳥、大越慎一                    |
|           | 光技術コンタクト、2011年1月号、20-24  | 可逆的な光誘起金属-半導体転移を示す新規酸化チタンの化学的創製                           | 生井飛鳥、大越慎一                    |
|           | 月刊「光アライアンス」、2011年2月号、25-29   | 光触媒反応による抗菌・抗かび及び抗ウイルス評価                                   | 石黒斉、中野竜一、姚燕燕、窪田吉信            |
| 2010/9/15 | Recent Pat. Eng., 4, 149-154 (2010).   | Novel photocatalysts responding to visible light          | B. Ohtani                    |
| 2010/12   | J. Photochem. Photobiol. C Photochem. Rev., 11(4), 157-178 (2010).                   | Photocatalysis A to Z—What We Know and What We Don't Know | B. Ohtani                    |
| 2011/3    | 積水グループ技報、Vol.22、72-74  | 可視光応答型光触媒を用いた室内環境浄化内装建材の開発                                | 柳井俊輔                         |
| 2011/3/10 | 未来材料、第11巻(3号)、8-14   | 光エネルギー変換—環境浄化に向けて—  | 入江寛、橋本和仁                     |
|           | 月刊光アライアンス、2011年4,5月号、1-5   | 可視光応答型光触媒の反応メカニズム ルミノール化学発光による活性種の検出                      | 野坂芳雄                         |
| 2010/11   | Proceedings of the 22nd Symposium on Phase Change Optical Information Storage, 13-16 | Photo-rewritable material based on a metal oxide          | 大越慎一、角淵由英、橋本和仁、生井飛鳥、箱江史吉、所裕子 |
| 2011/3    | 月刊 MATERIAL STAGE、10(12)、17-19(2011).  | ～光ディスクの【省レアメタル化】素材として可能性～<br>光誘起金属-半導体転移を示す新規酸化チタンの創製     | 大越慎一、生井飛鳥、所裕子                |

講演等(国際会議) 36件

| 発表年月      | 発表媒体   | 発表タイトル   | 発表者                               |
|-----------|--|--|-----------------------------------|
| 2010/4/12 | Third International Conference on Semiconductor Photochemistry (SP3) | Principle and Design of Semiconductor Photocatalysts: What Are Titania Photocatalysts and How They Work?   | Bunsho Ohtani                     |
| 2010/5/18 | The 7th Asian Conference on Electrochemistry                         | Conduction band control and surface ion modification towards highly efficient visible light-sensitive photocatalysts: A case study of Cu(II)-SrTiO <sub>3</sub> doped with Mo <sup>6+</sup> as well as Na <sup>+</sup> | X. Qiu, K. Hashimoto, M. Miyauchi |
| 2010/6/10 | CIMTEC2010   | Highly Efficient Visible Light   | H. Irie, K. Hashimoto             |

|           |   |   |   |
|-----------|---|---|---|
|           |   | Photocatalysts on the basis of Interfacial Charge Transfer and Multi-electron Oxygen Reduction Catalyst   |   |
| 2010/6/13 | SPEA6   | Reaction Mechanism of Visible Responsive Cu(II)-Deposited TiO <sub>2</sub> and WO <sub>3</sub> Photocatalysts   | Y. Nosaka, H. Sakamoto, S. Takahashi, A. Nosaka   |
| 2010/6/13 | SPEA6   | Preparation of a Visible-light-responsive Rutile TiO <sub>2</sub> Nano Rod by Site-selective modification of Iron(III) ion on {111} exposed crystal faces   | T. Ohno, N. Murakami  |
| 2010/6/14 | 延世大 BK21 - 東大化学 GCOE 合同シンポジウム   | Photocatalysts with Oxidative Energy Storage Abilities  | 楊 菲、立間 徹  |
| 2010/6/21 | 4th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramicsm | Visible-Light-Driven Super-Hydrophilicity on Tungsten Oxide (WO <sub>3</sub> ) based Thin Films   | M. Miyauchi   |
| 2010/7/18 | TOCAT6/APCAT5   | Preparation of decahedral anatase titania particles with high-level photocatalytic activity   | N. Sugishita, Y. Kuroda, B. Ohtani  |
| 2010/7/18 | TOCAT6/APCAT5   | Highly active titania photocatalyst particles of controlled crystal phase, size, and polyhedral shapes  | Bunsho Ohtani, Fumiaki Amano, Taikei Yasumoto, Orlando-Omar Prieto-Mahaney, Satoshi Uchida, Tamaki Shibayama, Yoshihiro Terada, Yoshihiro |
| 2010/7/25 | IPS-18  | Highly Active WO <sub>3</sub> Semiconductor Photocatalyst Loaded with Cu and Pd Cocatalyst for the Degradation of Various Organic Compounds   | K. Sayama, R. Takahara, Y. Konishi, T. Gunji, H. Sugihara   |
| 2010/7/25 | IPS-18  | VISIBLE-LIGHT-INDUCED SUPER-HYDROPHILICITY ON NANOSTRUCTURED WO <sub>3</sub> FILMS  | M. Miyauchi   |
| 2010/7/25 | IPS-18  | Novel efficient visible light sensitive TiO <sub>2</sub> -based photocatalysts and their anti-virus effect  | K. Hashimoto  |
| 2010/7/25 | IPS-18  | Principle and Design of Semiconductor Photocatalysts: What Are Titania Photocatalysts and How They Work?  | Bunsho Ohtani, Orlando-Omar Prieto-Mahaney  |
| 2010/9/23 | SIEMME'17   | Study of antiviral activity of photocatalytic TiO <sub>2</sub> (II)   | 窪田吉信  |
| 2010/9/23 | SIEMME'17   | Photocatalytic effect of titanium dioxide thin film to influenza virus  | 中野竜一、石黒齊、姚燕燕、梶岡実雄、藤嶋昭、窪田吉信  |
| 2010/9/23 | SIEMME'17   | Photocatalytic Activity of Visible Light-Driven Photocatalysts  | 村上武利、中田一弥、藤嶋昭   |
| 2010/9/23 | SIEMME'17   | Visible Light-driven Cu(II)-(Sr <sub>1-y</sub> Na <sub>y</sub> )(Ti <sub>1-x</sub> Mo <sub>x</sub> )O <sub>3</sub> Photocatalysts Based on the Conduction Band Control and Surface Ion Modification | Xiaoqing Qiu  |
| 2010/9/23 | SIEMME'17   | Synthesis and Biological Activity of Sequence-Specific DNA Alkylating Agents  | Masafumi Minoshima  |
| 2010/9/23 | SIEMME'17   | Deodorizing Effect for Industrial   | M. Iyonaga, H. Kiriya,  |

|            |  |  |  |
|------------|--|--|--|
|            |  | Waste in actual field using TiO <sub>2</sub> photocatalytic material   | N. Ohnishi, K. Sunada, K. Hashimoto                                |
| 2010/10/21 | AVS-57                                 | Development of Boundary Layer in the Flowing Water on the Solid Surface with Various Wettability   | M. Sakai, M. Nishimura, T. Furuta, A. Nakajima, A. Fujishima       |
| 2010/11/3  | ICAR2010                               | Antibacterial activity of Photocatalyst coated ceramic foam developed for application to air cleaner   | Y. Yao, H. Ishiguro, R. Nakano, A. Fujishima, Y. Kubota            |
| 2010/11/15 | 3rd International Congress on Ceramics | Visible-Light-Driven Super-Hydrophilicity by Interfacial Charge Transfer between Metal Ions and Metal Oxide Nanostructures                               | M. Miyauchi  |
| 2010/11/15 | 3rd International Congress on Ceramics | Fabrication of ZnO-Based Visible Light Photocatalyst by Band-gap Engineering and Multi-electron Reduction  | Srinivasan Anandan, M. Miyauchi                                    |
| 2010/11/15 | 3rd International Congress on Ceramics | Reduction of Friction Drag on the Solid Surface with Various Wettability   | M. Sakai, M. Nishimura, T. Furuta, A. Nakajima, A. Fujishima       |
| 2010/11/15 | 3rd International Congress on Ceramics | Control of sliding acceleration of a water droplet on inclined hydrophobic surfaces  | N. Yoshida, T. Watanabe  |
| 2010/11/16 | TiO <sub>2</sub> -15                   | Design and Fabrication of Titania Photocatalysts: Revisiting Principles and Mechanism of Titania Photocatalysts  | Bunsho Ohtani  |
| 2010/11/25 | CASP 2010                              | Recent advances in the development of visible-light-active photocatalysts and its standardization  | M. Miyauchi, K. Hashimoto  |
| 2010/12/3  | ESciNano 2010                          | Nano and Microstructured Materials with Chemical Functions: Anisotropic Particles for Catalysis and Photocatalysis                                       | Bunsho Ohtani  |
| 2010/12/15 | Pacificchem 2010                       | Direct Evaluation of the Sliding Motion of Water Droplets on Various Hydrophobic Coatings  | A. Nakajima, M. Sakai, T. Furuta, T. Isobe, Y. Kameshima, K. Okada |
| 2010/12/15 | Pacificchem 2010                       | Visible-light photocatalytic property of co-catalyst loaded niobium-based oxides for photodegradation of organic substance                               | T. Tsutsumi, T. Ohno   |
| 2010/12/15 | Pacificchem 2010                       | Photocatalytic activity of silica hybrid BiVO <sub>4</sub> under visible light irradiation   | N. Takebe, T. Ohno   |
| 2010/12/15 | Pacificchem 2010                       | Development of a visible-light-responsive rutile TiO <sub>2</sub> nanorod by site-selective modification of iron(III) ion on {111} exposed crystal faces | T. Ohno, N. Murakami   |
| 2010/12/15 | Pacificchem 2010                       | Dependence of photocatalytic activity on particle size of shape controlled anatase titanium(IV) oxide nanocrystal  | N. Murakami, T. Ohno   |
| 2010/12/15 | Pacificchem 2010                       | Control of sliding angle and acceleration of a water droplet on inclined hydrophobic surfaces  | N. Yoshida, T. Watanabe  |
| 2011/1/17  | NIMS 光触媒国際ワークショップ                      | Decrease of Frictional Drag in the Circular Pipe by Photoinduced Hydrophilicity of TiO <sub>2</sub> Surface  | A. Nakajima, M. Sakai  |

講演等(国内会議) 66件

| 発表年月      | 発表媒体                          | 発表タイトル   | 発表者                    |
|-----------|-------------------------------|--|------------------------|
| 2010/4/19 | 第26回講演会光触媒と色素増感型太陽電池の研究開発・実用化 | 光触媒を用いた室内環境浄化内装建材の開発                               | 柳井俊輔                   |
| 2010/4/19 | 第26回講演会光触媒と色素増感型太陽電池の研究開発・実用化 | 可視光応答型光触媒によるダニアルゲン不活性化の研究                          | 絹川謙作、三木慎一郎、井原望         |
| 2010/4/19 | 第26回講演会光触媒と色素増感型太陽電池の研究開発・実用化 | 高感度光触媒材料(開発品)                                      | 細木康弘、杉下紀之、李定、三林正幸、黒田靖  |
| 2012/6/16 | 第28回講演会「光触媒研究開発と応用技術の現状と展望」   | 光触媒研究開発と応用技術の現状と展望                                 | 橋本和仁                   |
| 2010/7/14 | 第10回光触媒研究討論会                  | 酸化タングステン光触媒の高性能化とその応用展開                            | 佐山和弘                   |
| 2010/7/14 | 第10回光触媒研究討論会                  | 酸化チタンの光誘起超親水性による流動抵抗の低減                            | 中島章、酒井宗寿、西村正輝、磯部敏宏     |
| 2010/7/14 | 第10回光触媒研究討論会                  | チタン酸ストロンチウムをベースにした可視光型光触媒～バンドエンジニアリングと助触媒の担持効果～    | 宮内雅浩、Xiaoqing Qiu、橋本和仁 |
| 2010/7/14 | 第10回光触媒研究討論会                  | 伝導帯制御による酸化チタンの可視光応答化                               | 入江寛、余火根、橋本和仁           |
| 2010/7/14 | 第10回光触媒研究討論会                  | Cu イオン、Fe イオン担持可視光応答型光触媒                           | 橋本和仁                   |
| 2010/7/14 | 第10回光触媒研究討論会                  | 鉄イオンを担持した酸化チタン光触媒の反応機構                             | 野坂芳雄、高橋慎一郎             |
| 2010/7/14 | 第10回光触媒研究討論会                  | フィルター状光触媒の抗菌・抗ウイルス効果について                           | 窪田吉信                   |
| 2010/7/14 | 第10回光触媒研究討論会                  | 多面体形状アナタース酸化チタンメソ粒子光触媒の設計と開発                       | 大谷文章                   |
| 2012/7/30 | 第106回触媒討論会                    | 赤色光に応答する局在表面プラズモン共鳴誘起型光触媒                          | 田中淳皓、橋本圭司、古南博          |
| 2012/7/30 | 第106回触媒討論会                    | ロジウムイオン-酸化チタン可視光応答性光触媒における電子移動の解析                  | 北野翔、橋本圭司、古南博           |
| 2012/7/30 | 第106回触媒討論会                    | 複合型バナジウム酸ビスマスの可視光触媒活性                              | 武部直宏、村上直也、横野照尚         |
| 2010/8/10 | 錯体化学若手の会 夏の学校2010             | 磁気化学を基盤とした新規磁性物質の創成                                | 大越慎一                   |
| 2012/9/2  | 2010年電気化学秋季大会                 | 可視光型光触媒による非接触酸化反応                                  | 楊菲、高橋幸奈、坂井伸行、立間徹       |
| 2012/9/2  | 2010年電気化学秋季大会                 | 可視光応答型光触媒のアセトアルデヒド分解による簡易活性測定                      | 樋浦想太、松崎彩乃、野坂芳雄         |
| 2012/9/2  | 2010年電気化学秋季大会                 | 可視光応答型チタン酸ストロンチウム光触媒の活性種測定                         | 三谷泰史、高橋慎一郎、宮内雅浩、野坂芳雄   |
| 2012/9/2  | 2010年電気化学秋季大会                 | 水溶性ポリマーによって形状制御されたブルックライト型 TiO <sub>2</sub> 光触媒の開発 | 斉藤洋文、村上直也、横野照尚         |
| 2012/9/2  | 2010年電気化学秋季大会                 | 金属微粒子を担持させたニオブ系                                    | 2010年電気化学秋季            |



|            |  |   |                                   |
|------------|--|---|-----------------------------------|
|            |  | 酸化物の可視光下における光触媒反応特性   | 大会                                |
| 2010/9/8   | 2010 光化学討論会  | 可視光応答型光触媒上に生成するラジカル種の ESR 法による検討  | 高橋慎一郎、野坂芳雄                        |
| 2010/9/17  | 環境科学会 2010 年会  | 光触媒担持材料と太陽光利用による工場廃液タンクの悪臭低減効果  | 桐谷久恵、弥永都、大西伸夫、砂田香矢乃、橋本和仁          |
| 2010/9/23  | 日本物理学会 2010 年秋季大会  | 室温で光誘起相転移を示す新種の金属酸化物(ラムダ型五酸化三チタン)-I   | 大越慎一、角淵由英、松田智行、橋本和仁、生井飛鳥、箱江史吉、所裕子 |
| 2010/9/23  | 日本物理学会 2010 年秋季大会  | 室温で光誘起相転移を示す新種の金属酸化物(ラムダ型五酸化三チタン)-II  | 所裕子、角淵由英、松田智行、橋本和仁、生井飛鳥、箱江史吉、大越慎一 |
| 2010/11/4  | 色材研究発表会  | 酸化チタンの光誘起超親水性による流動抵抗低減効果  | 西村正輝、酒井宗寿、中島章                     |
| 2010/11/7  | 第 58 回日本ウイルス学会学術集会   | 酸化チタン光触媒によるインフルエンザウイルスの感染価低減効果とその機構解明   | 中野竜一、石黒斉、姚燕燕、梶岡実雄、窪田吉信            |
| 2010/11/10 | 平成 22 年度触媒学会西日本地区触媒技術セミナー                                      | 高感度光触媒材料の開発   | 黒田靖                               |
| 2010/11/24 | 長野県テクノ財団講演会  | 実用のための高活性光触媒の開発ー可視光応答性光触媒を中心に   | 大谷文章                              |
| 2010/11/25 | The 22nd Symposium on Phase Change Optical information Storage | Synthesis of a metal oxide with a room temperature photo-reversible phase transition  | 大越慎一                              |
| 2010/11/29 | 第 42 回オール積水技術討論会   | 可視光応答型光触媒を用いた室内環境浄化内装建材の開発  | 柳井俊輔                              |
| 2010/12/5  | 第 14 回 NAIST 科学技術セミナー  | 磁気化学を基盤とした光相転移および光磁性現象の創出   | 大越慎一                              |
| 2010/12/2  | 第 17 回光触媒シンポジウム  | 可視光型光触媒の設計(助触媒担持と伝導帯制御)   | 宮内雅浩、Xiaoqing Qiu、入江寛、橋本和仁        |
| 2010/12/2  | 第 17 回光触媒シンポジウム  | ZnO-based visible-light photocatalyst: Band-gap engineering and grafting of co-catalyst   | Srinivasan Anandan、宮内雅浩           |
| 2010/12/2  | 第 17 回光触媒シンポジウム  | Visible Light-driven Cu(II)-(Sr <sub>1-y</sub> Na <sub>y</sub> )(Ti <sub>1-x</sub> Mo <sub>x</sub> )O <sub>3</sub> Photocatalysts Based on the Conduction Band Control and Surface Ion Modification | Xiaoqing Qiu、宮内雅浩、橋本和仁            |
| 2010/12/2  | 第 17 回光触媒シンポジウム  | 抗ウイルス・抗菌に適した可視光応答型光触媒材料   | 砂田香矢乃、藁島維文、橋本和仁                   |
| 2010/12/2  | 第 17 回光触媒シンポジウム  | VOC 汚染土壌浄化のための光触媒複合粉末の改良と実証試験   | 桐谷久恵、砂田香矢乃、横山邦雄、磯和俊男、橋本和仁         |
| 2010/12/2  | 第 17 回光触媒シンポジウム  | 抗ウイルス性・抗菌性のための光触媒材料   | 橋本和仁                              |
| 2010/12/2  | 第 17 回光触媒シンポジウム  | 酸化タングステン光触媒の高性能化とその応用開発   | 佐山和弘、Wang Nini、小西由也               |
| 2010/12/2  | 第 17 回光触媒シンポジウム  | 光触媒抗ガン作用の細胞内メカニズムの解明  | 姚燕燕、石黒斉、藤嶋昭、窪田吉信                  |
| 2010/12/2  | 第 17 回光触媒シンポジウム  | 可視光型光触媒による非接触酸化   | 楊菲、高橋幸奈、坂井                        |

|           |                                   |  |                                    |
|-----------|-----------------------------------|--|------------------------------------|
|           |                                   | 反応(2)                                    | 伸行、立間徹                             |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 水浄化用光触媒材料の工場廃液タンク臭気対策への応用と改良             | 弥永都、桐谷久恵、大西伸夫、砂田香矢乃、橋本和仁           |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 鉄担持酸化チタンの活性酸素測定                          | 三谷泰史、野坂篤子、野坂芳雄                     |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 抗菌・抗ウイルス機能を持つ可視光応答型光触媒の開発とその実証試験         | 絹川謙作、野間真二郎、三木慎一郎                   |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 異種金属酸化物と複合化したナノ構造酸化チタンの光物性評価             | 實平義隆、内田聡、久保貴哉、瀬川浩司                 |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 可視光応答型光触媒による抗ウイルス効果                      | 中野竜一、石黒斉、姚燕燕、梶岡実雄、窪田吉信             |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 酸化チタン光触媒フィルターによる抗ファージ効果                  | 石黒斉、中野竜一、姚燕燕、梶岡実雄、藤嶋昭、窪田吉信         |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 各種濡れ性表面上での流動抵抗低減                         | 酒井宗寿、西村正輝、守井泰士、中島章、藤嶋昭             |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 金-銅修飾酸化セリウム(IV)による赤色光触媒反応                | 田中淳皓、橋本圭司、古南博                      |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | ロジウムイオン-酸化チタン可視光応答型光触媒によるVOC分解           | 北野翔、橋本圭司、古南博                       |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 高感度光触媒材料の開発                              | 黒田靖                                |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 新規な金属置換型酸化鉄微粒子における光触媒活性の検討               | 縫田知宏、生井飛鳥、箱江史吉、角渕由英、所裕子、橋本和仁、大越 慎一 |
| 2010/12/2 | 第17回光触媒シンポジウム                     | 滑水性無機酸化物表面とその濡れ性                         | 吉田直哉、渡部俊也                          |
| 2010/12/5 | 第4回東北大学 G-COE 研究会                 | 磁気化学を基盤とした新奇な磁性体の創出                      | 大越慎一                               |
| 2011/1/25 | JFCA テクノフェスタ「ISO/TC206と光触媒標準化の状況」 | 可視光応答型光触媒性能試験の状況について(セルフクリーニング)          | 宮内雅浩、橋本和仁                          |
| 2011/2/9  | 第4回放射光連携研究ワークショップ                 | 磁気化学を基盤とした新規磁性物質の創成                      | 大越慎一                               |
| 2011/3/8  | 光触媒展 2011                         | 光触媒の基礎と応用                                | 村上武利                               |
| 2011/3/9  | 産業展シンポジウム                         |  | 多賀康訓                               |
| 2011/3/26 | 日本化学会第91春季年会(2011)                | 化学エッチング処理によって表面形態制御されたブルッカイト型酸化チタンの光触媒活性 | 張林傑、村上直也、横野照尚                      |
| 2011/3/26 | 日本化学会第91春季年会(2011)                | 八面体構造を有するアナターズ型酸化チタン粒子の開発                | 金正元、村上直也、横野照尚                      |
| 2011/3/26 | 日本化学会第91春季年会(2011)                | 修飾酸化インジウムによる可視・紫外光触媒反応                   | 佐々木康友、橋本圭司、古南博                     |
| 2011/3/26 | 日本化学会第91春季年会(2011)                | 可視光応答性助触媒-酸化タンゲスト光触媒の高活性化                | 阪口聡、橋本圭司、古南博                       |
| 2011/3/29 | 電気化学会第78回大会                       | 酸化タンゲスト系光触媒の耐アルカリ性向上の研究                  | 和田真理絵、小西由也、郡司天博、佐山和弘               |
| 2011/3/29 | 電気化学会第78回大会                       | 可視光型光触媒による非接触酸化                          | 楊菲、高橋幸奈、坂井                         |

|           |               |                                      |                 |
|-----------|---------------|--------------------------------------|-----------------|
|           |               | 反応(3)                                | 伸行、立間徹          |
| 2011/3/29 | 電気化学会第 78 回大会 | 粒子サイズ制御された十面体形状アナタース型酸化チタン(IV)の光触媒特性 | 村上直也、川上翔大、横野照尚  |
| 2011/3/29 | 第 107 回触媒討論会  | グラファイト型窒化炭素と硫黄ドーパ酸チタンの複合光触媒開発        | 近藤健太郎、村上直也、横野照尚 |

特許等 48 件

| 出願日                | 受付番号               | 出願に関わる特許等の標題  | 出願人              |
|--------------------|--------------------|---|------------------|
| 平成 22 年 4 月 27 日移行 | EP09820441.5       | 金属酸化物粒子の製造方法及び製造装置                                  | 昭和電工(株)、北海道大学    |
| 平成 22 年 5 月 20 日移行 | CN200980101032.8   | 金属酸化物粒子の製造方法及び製造装置                                  | 昭和電工(株)、北海道大学    |
| 平成 22 年 6 月 10 日移行 | KR10-2010-7012741  | 金属酸化物粒子の製造方法及び製造装置                                  | 昭和電工(株)、北海道大学    |
| 平成 22 年 4 月 30 日   | 特願 2010-105973     | 酸化チタン粒子、その製造方法、磁気メモリ、光情報記録媒体及び電荷蓄積型メモリ              | 東京大学             |
| 平成 22 年 5 月 21 日   | 特願 2010-117342     | 酸化チタン粒子、その製造方法、磁気メモリ、光情報記録媒体及び電荷蓄積型メモリ              | 東京大学             |
| 平成 22 年 5 月 21 日   | 特願 2010-117343     | 酸化チタン薄膜、その製造方法、磁気メモリ、光情報記録媒体及び電荷蓄積型メモリ              | 東京大学             |
| 2010 年 6 月 10 日    | 特願 2010-132706     | 光触媒およびその製造方法  | 三井化学、東京大学        |
| 2010 年 7 月 9 日     | 特願 2010-156710     | 銅イオンで修飾された酸化タンゲステン系光触媒の分散液の製造方法                     | 昭和電工(株)          |
| 平成 22 年 7 月 23 日   | PCT/JP2010/62451   | 液体流動抵抗抑制表面構造および基材表面の液体流動抵抗抑制方法                      | KAST             |
| 平成 22 年 7 月 29 日   | 台湾 99125247        | 光触媒材料及びその製造方法                                       | 東京大学、昭和電工(株)     |
| 平成 22 年 7 月 29 日   | PCT/JP2010/063231  | PHOTOCATALYTIC MATERIALS AND FOR PRODUCING THE SAME | 東京大学、昭和電工(株)     |
| 平成 22 年 8 月 3 日    | PCT/JP2010/63117   | 金属酸化物粒子の製造方法及び製造装置                                  | 昭和電工(株)、北海道大学    |
| 平成 22 年 8 月 16 日   | 台湾 99127304        | 金属酸化物粒子の製造方法及び製造装置                                  | 昭和電工(株)、北海道大学    |
| 平成 22 年 8 月 26 日   | PCT/JP2010/64445   | 可視光応答型光触媒コーティング材、コーティング処理物及びアレルギー不活性化方法             | 東京大学、パナソニック電工(株) |
| 平成 22 年 8 月 30 日   | 特願 2010-192254     | 光触媒分散液の製造方法及び光触媒の製造方法                               | 積水樹脂(株)          |
| 平成 22 年 8 月 30 日   | 台湾(パリルート) 99129109 | 可視光応答型光触媒コーティング材、コーティング処理物及びアレルギー不活性化方法             | 東京大学、パナソニック電工(株) |
| 平成 22 年 9 月 3 日    | PCT/JP2010/65177   | 無機構造物及びその製造方法、並びに無機薄膜の製造方法                          | 東京大学、KAST、東京工業大学 |
| 平成 22 年 9 月 8 日    | 特願 2010-201219     | アレルギー不活性化剤、アレルギー不活性化剤組成物、及びコーティング処理物                | 東京大学、パナソニック電工(株) |

|                     |                    |   |                   |
|---------------------|--------------------|---|-------------------|
| 平成 22 年 9 月 13 日    | 特願 2010-204545     | 光触媒、コーティング剤、内装材、及び光触媒の製造方法  | 積水樹脂(株)           |
| 平成 22 年 9 月 20 日移行  | 米国 12/736,209      | 光触媒材料、有機物分解方法、内装部材、空気清浄装置、酸化剤製造装置   | 東京大学、パナソニック電気(株)  |
| 平成 22 年 9 月 20 日移行  | カナダ 2718999        | 光触媒材料、有機物分解方法、内装部材、空気清浄装置、酸化剤製造装置   | 東京大学、パナソニック電気(株)  |
| 平成 22 年 9 月 21 日移行  | EP 09721400.1      | 光触媒材料、有機物分解方法、内装部材、空気清浄装置、酸化剤製造装置   | 東京大学、パナソニック電気(株)  |
| 平成 22 年 9 月 20 日移行  | 中国 200980110140.1  | 光触媒材料、有機物分解方法、内装部材、空気清浄装置、酸化剤製造装置   | 東京大学、パナソニック電気(株)  |
| 平成 22 年 10 月 21 日移行 | 韓国 10-2010-7023493 | 光触媒材料、有機物分解方法、内装部材、空気清浄装置、酸化剤製造装置   | 東京大学、パナソニック電気(株)  |
| 平成 22 年 10 月 8 日    | PCT/JP2010/68223   | COPPER ION-MODIFIED TITANIUMOXIDE AND PROCESS FOR PRODUCING THE SAME, AND PHOTOCATALYST | 東京大学、昭和電気(株)      |
| 平成 22 年 10 月 8 日    | 台湾 099134398       | COPPER ION-MODIFIED TITANIUMOXIDE AND PROCESS FOR PRODUCING THE SAME, AND PHOTOCATALYST | 東京大学、昭和電気(株)      |
| 平成 22 年 10 月 19 日   | PCT/JP2010/68333   | ウイルスを不活化する方法および抗ウイルス性付与物品   | 東京大学、KAST、昭和電気(株) |
| 平成 22 年 10 月 19 日   | 台湾 99135673        | ウイルスを不活化する方法および抗ウイルス性付与物品   | 東京大学、KAST、昭和電気(株) |
| 2010 年 10 月 28 日    | 特願 2010-242574     | 環境耐性のある可視光応答性光触媒膜構造体および光触媒用助触媒  | 産業技術総合研究所         |
| 平成 22 年 11 月 19 日   | PCT/JP2010/70692   | 微小構造体及びその製造方法   | 東京大学              |
| 平成 22 年 12 月 7 日    | 特願 2010-272997     | 色変換素子およびその色変換方法   | 産業技術総合研究所、積水樹脂(株) |
| 平成 22 年 12 月 22 日   | PCT/JP2010/73087   | ウイルス不活化剤  | 東京大学、KAST         |
| 平成 22 年 12 月 24 日   | 台湾 99145794        | ウイルス不活化剤  | 東京大学、KAST         |
| 平成 23 年 2 月 15 日    | PCT/JP2011/53180   | 銅イオンで修飾された酸化タンゲステン系光触媒及びその製造方法  | 昭和電気(株)           |
| 平成 23 年 2 月 15 日    | 台湾 100105079       | 銅イオンで修飾された酸化タンゲステン系光触媒及びその製造方法  | 昭和電気(株)           |
| 平成 23 年 2 月 16 日    | 特願 2011-030782     | 環境耐性のある新規な可視光応答性光触媒   | 産業技術総合研究所         |
| 平成 23 年 3 月 4 日     | 台湾 100107312       | 金属酸化物粒子の製造方法及び製造装置  | 昭和電気(株)、北海道大学     |
| 平成 23 年 3 月 7 日     | PCT/JP2011/55864   | 金属酸化物粒子の製造方法及び製造装置  | 昭和電気(株)、北海道大学     |
| 平成 23 年 3 月 23 日    | 特願 2011-063846     | 殺菌装置およびそれを用いた浄水装置   | パナソニック電気(株)       |
| 平成 23 年 3 月 24 日    | PCT/JP2011/057146  | 抗菌作用を持つタンゲステン酸化物二次構造体   | 産業技術総合研究所         |
| 平成 23 年 3 月 23 日    | 特願 2011-063847     | 殺菌装置  | パナソニック電気(株)       |
| 平成 23 年 3 月 30 日    | 特願 2011-076371     | 空気清浄機   | 東京大学、パナソニック電気(株)  |
| 平成 23 年 3 月 30 日    | 特願 2011-076372     | 浄水器   | 東京大学、パナソニック電気(株)  |

|                    |                                       |                                      |                  |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| 平成 23 年 3 月 30 日   | 特願 2011-076373                        | 撥水性光触媒組成物及び撥水性光触媒塗膜                  | 東京大学、パナソニック電工(株) |
| 平成 23 年 3 月 31 日   | 特願 2011-079643                        | 水処理材及び水処理装置                          | 東京大学、パナソニック電工(株) |
| 平成 23 年 3 月 28 日移行 | 特願 2010-541303<br>PCT/JP2009/69973    | 酸化チタン粒子、その製造方法、磁気メモリ及び電荷蓄積型メモリ       | 東京大学             |
| 平成 23 年 3 月 28 日移行 | 特願 2010-541303<br>PCT/JP2009/69973    | 酸化チタン粒子、その製造方法、磁気メモリ及び電荷蓄積型メモリ       | 東京大学             |
| 平成 23 年 3 月 28 日移行 | 日本 特願 2010-543946<br>PCT/JP2009/62677 | 微小構造体、その製造方法、磁気メモリ、電荷蓄積型メモリ及び光情報記録媒体 | 東京大学             |

(平成 23 年度)

(1) 研究発表・講演 (口頭発表を含む)

原著論文 12 件

| 発表年月      | 発表媒体   | 発表タイトル  | 発表者  |
|-----------|--|---|--|
|           | Chemistry - An Asian Journal, 6, 1886 (2011).                  | Nanoscale Effects on the Stability of the $\lambda$ -Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub> Polymorph   | Rie Makiura, Yasuhiro Takabayashi, Andrew N. Fitch, Hiroko Tokoro, Shin-ichi Ohkoshi, and Kosmas Prassides   |
| 2011/6/16 | Chemical Communications, 47, 8596-8598 (2011)                  | Electroless galvanic inks on inorganic WO <sub>3</sub> /Al boards   | Masahiro Miyauchi, Yue Li, Shunsuke Yanai, Kazuya Yotsugi  |
| 2011/6/15 | Physical Chemistry Chemical Physics, 13, 14937-14945 (2011)    | Ce-doped ZnO (Ce <sub>x</sub> Zn <sub>1-x</sub> O) becomes an efficient visible-light-sensitive photocatalyst by co-catalyst (Cu <sup>2+</sup> ) grafting                               | Srinivasan Anandan, Masahiro Miyauchi  |
| 2011/10   | Electrochem., 79 (2011) 793-796.                               | Photocatalytic and Electrochemical Characterizations of Cu(II)-Grafted TiO <sub>2</sub>   | K. Kamiya, S. Miura, K. Hashimoto, H. Irie   |
|           | Photochemical & Photobiological Sciences, 10: 1825-1829, 2011. | Photocatalytic inactivation of bacteriophages by TiO <sub>2</sub> -coated glass plates under low-intensity, long-wavelength UV irradiation  | Hitoshi Ishiguro, Ryuichi Nakano, Yanyan Yao, Jitsuo Kajioka, Akira Fujishima, Kayano Sunada, Masafumi Minoshima, Kazuhito Hashimoto, Yoshinobu Kubota |
| 2011/6/29 | Electrochemistry, 79, 842-844 (2011).                          | Photocatalytic Activity of Cu <sup>2+</sup> -Grafted Metal-Doped ZnO Photocatalysts Under Visible-Light Irradiation   | Srinivasan Anandan, Masahiro Miyauchi  |
|           | J.Phys.Chem.C 115, (43), 21283-21290(2011).                    | Reaction Mechanism of Cu(II)-Grafted Visible-Light Responsive TiO <sub>2</sub> and WO <sub>3</sub> Photocatalysts Studied by Means of ESR Spectroscopy and Chemiluminescence Photometry | Yoshio Nosaka, Shinichiro Takahashi, Hodaka Sakamoto, and Atsuko Y. Nosaka.  |
|           | J. Phys. Chem. C, 115, 18270-18274 (2011).                     | Visible Light Driven Photocatalysts with Oxidative Energy Storage Abilities   | F. Yang, Y. Takahashi, N. Sakai, and T. Tatsuma  |
| 2012/1/12 | Appl. Cat. B. 111, 636-640(2012)                               | Reaction mechanism of visible-light responsive Cu(II)-grafted Mo-doped SrTiO <sub>3</sub> photocatalyst studied by  | Yoshio Nosaka, Shinichiro Takahashi, Yasufumi Mitani,  |

|            |  |   |   |
|------------|--|---|---|
|            |  | means of ESR spectroscopy and chemiluminescence photometry.   | Xiaoqing Qiu, and Masahiro Miyauchi                                   |
| 2011/12/13 | Chem. Mater., 23(23), 5282-5286(2011). | Cu(II) Oxide Amorphous Nanoclusters Grafted Ti <sup>3+</sup> Self-Doped TiO <sub>2</sub> : An Efficient Visible Light Photocatalyst | Min Liu, Xiaoqing Qiu, Masahiro Miyauchi, Kazuhito Hashimoto          |
| 2012/2     | ACS Nano, 6(2), 1609-1618(2012).       | Hybrid Cu <sub>x</sub> O TiO <sub>2</sub> Nanocomposites As Risk-Reduction Materials in Indoor Environments                         | X. Qiu, M. Miyauchi, K. Sunada, M. Minoshima, Y. Kuroda, K. Hashimoto |

総説 16件

| 発表年月      | 発表媒体   | 発表タイトル   | 発表者                               |
|-----------|--|--|-----------------------------------|
| 2011/5/19 | 会報光触媒、34、68-75(2011).  | 酸化タングステン系光触媒   | 佐山和弘                              |
| 2011/6    | 月刊光アライアンス、6月号、56-59(2011).   | 高感度光触媒材料   | 黒田靖、細木康弘                          |
| 2011/7/21 | 会報光触媒、35、28-33(2011)   | 光誘起金属-半導体転移を示すλ-Ti3O5の統計熱力学的考察   | 大越慎一、角淵由英、生井飛鳥、箱江史吉、所裕子、橋本和仁      |
| 2011/7/21 | 会報光触媒、35、48-51(2011).  | 紫外光応答型光触媒による抗ウイルス機構  | 石黒斉、中野竜一、姚燕燕、梶岡実雄、窪田吉信            |
| 2011/7/21 | 会報光触媒、35、52-55(2011).  | 院内感染起炎菌に対する光触媒の効果  | 中野竜一、石黒斉、姚燕燕、梶岡実雄、窪田吉信            |
| 2011/7/21 | 会報光触媒、35、56-59(2011).  | 不純物ドーピングによる可視光応答型光触媒の設計  | 宮内雅浩、Qiu Xiaoqing, Liu Miin, 橋本和仁 |
| 2011/7/21 | 会報光触媒、35、60-63 (2011).   | 可視光応答型光触媒によるOHラジカルの発生  | 野坂芳雄・張傑                           |
| 2011/7/21 | 会報光触媒、35、8-11 (2011).  | 非酸化チタン系可視光応答性光触媒材料の開発  | 古南 博                              |
| 2011/7/21 | 会報光触媒、35、44-47(2011).  | 可視光光触媒の抗ウイルス・抗菌のメカニズム  | 砂田香矢乃、蓑島維文、魯 玥、橋本和仁               |
| 2011/7/21 | 会報光触媒、35、18-21(2011).  | 可視光で作動する酸化エネルギー貯蔵型光触媒  | 立間 徹、坂井伸行、楊菲                      |
| 2011/10   | レーザ加工誌、2011年10月号、194-198   | 光照射により金属-半導体に相転移する新種の金属酸化物・ラムダ型五酸化三チタン   | 所裕子、大越慎一                          |
|           | 光技術コンタクト、49(10)、22-27 (2011).  | エネルギー貯蔵型光触媒  | 立間 徹                              |
|           | Proceedings of the 23nd Symposium on Phase Change Optical Information Storage, 30-33 (2011). | Thermodynamic Study on λ-Ti3O5 Exhibiting a Light-induced Metal-Semiconductor Transition | 所裕子、大越慎一                          |
|           | 工業材料、キーワード 40  | 新規光触媒材料の動向ー環境改善への新たな展開ー  | 宮内雅浩、橋本和仁                         |
| 2012/1    | 日本エネルギー学会誌、2012年2月号  | 新規な光励起プロセスによる高感度可視光光触媒   | 宮内雅浩、橋本和仁                         |
| 2012/1    | 月刊 化学工業、2012年2月号、28-35.  | 相転移化学を基盤とした新機能ナノ構造物質のボトムアップ創製  | 所裕子、大越慎一                          |

書籍(分担執筆) 16 件

|                        |  |  |           |
|------------------------|--|--|-----------|
| 2012/2                 | 感染症・VOC・シックハウス対策と太陽光水素生成のための可視光応答型半導体光触媒<br>橋本和仁・編、技術教育出版社 | 可視光応答型光触媒によるダニアレルゲンの不活性化の研究開発                                  | 三木慎一郎     |
|                        |  | 可視光応答型光触媒による抗菌・抗ウイルス効果の性能評価法と標準化                               | 石黒斉       |
|                        |  | 可視光応答型銅イオン担持酸化チタン系光触媒の開発                                       | 宮内雅浩      |
|                        |  | 可視光応答型鉄イオン担持酸化チタン系光触媒の開発                                       | 宮内雅浩      |
|                        |  | 光触媒を用いた室内環境浄化内装建材の開発   | 柳井俊輔      |
|                        |  | ラジカル検出による可視光応答型半導体光触媒の反応機構解析                                   | 野坂芳雄      |
|                        |  | 金属ドーピングによる高感度可視光応答型光触媒の開発                                      | 宮内雅浩、橋本和仁 |
|                        |  | 抗菌・抗ウイルス特性に優れた $Cu_xO/TiO_2$ の開発                               | 宮内雅浩、橋本和仁 |
|                        |  | 可視光応答超親水化薄膜の開発   | 宮内雅浩      |
|                        |  | 高感度光触媒材料の開発  | 黒田靖、細木康弘  |
|                        |  | 可視光応答型酸化タングステン光触媒の開発   | 小西由也、佐山和弘 |
|                        |  | 可視光応答型光触媒を利用したタイル・部材の開発  | 田中裕希      |
|                        |  | 可視光で作動するエネルギー貯蔵型光触媒  | 立間 徹      |
| 可視光応答型光触媒による抗ウイルス・抗菌効果 | 中野竜一   |  |           |
| 2012/                  | セラミックデータブック 2012 年度版                                       | 酸化チタン伝導帯制御による可視光応答化  | 入江寛       |
| 2012/                  | Self-cleaning surfaces and materials (Wiley VCH)           | Development of visible-light-driven superhydrophilic thin film | 宮内雅浩      |

講演等(国際会議) 29 件

| 発表年月      | 発表媒体   | 発表タイトル   | 発表者  |
|-----------|--|--|--|
| 2011/6/29 | Photoinduced Phase Transitions and Cooperative Phenomena | Photo-reversible phase transition at room temperature on $\lambda-Ti_3O_5$   | H. Tokoro, S. Ohkoshi  |
| 2011/6/30 | France-Japan Coordination Chemistry Symposium            | Novel photo-induced phase transition materials   | S. Ohkoshi   |
| 2011/7/10 | PacRim 9   | New visible light responsive hybrid photocatalysts composed of g- $C_3N_4$ with $Bi_{15}FeTi_3O_{15}$ and g- $C_3N_4$ with S-doped $TiO_2$ | Teruhisa Ohno  |
| 2011/7/10 | PacRim 9   | Dependence of photocatalytic activity on particle size of shape controlled anatase titanium(IV) oxide nanocrystal                          | Naoya Murakami, Shota Kawakami and Teruhisa Ohno   |
| 2011/8/28 | EuropaCat X  | Analysis of photocatalytic properties of rhodium ion-modified titanium(IV) oxide   | Sho Kitano, Keiji Hashimoto, Hiroaki Tada, Naoya Murakami, Teruhisa Ohno, Hiroshi Kominami |
| 2011/9/11 | International Symposium                                  | Novel functionalities on metal complex   | S. Ohkoshi   |

|           |   |   |   |
|-----------|---|---|---|
|           | on Advanced Complex Inorganic Nanomaterials             | material and metal oxide-based nanomaterial   |   |
| 2011/9/11 | 62ndISE   | Electrochemical and Spectroscopic Characterizations of Cu(II)-Grafted TiO <sub>2</sub> Photocatalyst  | H. Irie, K. Kamiya, S. Miura, K. Hashimoto                          |
| 2011/9/11 | 62ndISE   | Reaction Mechanisms of Visible-Light-Responsive Modified TiO <sub>2</sub> Photocatalysts by Detecting OH Radicals   | Zhang Jie, Nosaka Yoshio  |
| 2011/9/17 | SIEMME'18   | Visible-Light-Sensitive W-doped Rutile TiO <sub>2</sub> Photocatalyst Prepared by a Hydrothermal Technique  | Tsuyoshi Taguchi, Lei Ni, Hiroshi Irie                              |
| 2011/9/17 | SIEMME'18   | An efficient visible light photocatalyst based on energy level matching   | Liu Min, Masahiro Miyauchi, Kazuhito Hashimoto                      |
| 2011/9/17 | SIEMME'18   | A Hybrid Cu <sub>x</sub> O/TiO <sub>2</sub> composite as a risk reduction material against infection disease and sick house syndrome in indoor environment                                  | Xiaoqing Qiu, Masahiro Miyauchi, Kazuhito Hashimoto                 |
| 2011/9/17 | SIEMME'18   | Improvement in indoor air quality utilizing the Photocatalytic Sheets and the natural light from the window   | H. Kiriya, K. Sunada, K. Yokoyama, K. Hashimoto                     |
| 2011/9/17 | SIEMME'18   | Antivirus and Antibacterial Effect of Cuprous Compounds   | K. Sunada, M. Minoshima, Y. Lu, K. Hashimoto                        |
| 2011/9/17 | SIEMME'18   | Relationship between organic compounds decomposition and anti-virus activity of visible light sensitive photocatalysts  | M. Iyonaga, M. Liu, X. Qiu, K. Sunada, K. Hashimoto                 |
| 2011/9/17 | SIEMME'18   | Study on antiviral activity of photocatalytic TiO <sub>2</sub> (III)  | Y. Kubota, H. Ishiguro, R. Nakano, Y. Yao, J. Kajioka, A. Fujishima |
| 2011/9/17 | SIEMME'18   | Photocatalytic removal Performance of VOC on Cu <sup>2+</sup> /WO <sub>3</sub> with Peroxo Titanic Acid.  | Taketoshi Murakami, Kazuya Nataka, Akira Fujishima                  |
| 2011/9/29 | 2nd European Symposium on Photocatalysis                | Visible light responsive morphology controlled brookite TiO <sub>2</sub> loaded with Fe <sup>3+</sup> ions  | Teruhisa Ohno   |
| 2011/11/3 | BIT Life Sciences' 2nd Annual Nanomedicine-2011         | Application of TiO <sub>2</sub> Photocatalyst as a Medical Antimicrobial: an Instance of Medical Device Development   | Y. Yao, H. Ishiguro, R. Nakano, Y. Kubota                           |
| 2011/11/7 | The 2nd France-Japan Workshop on Nanophotonics          | Light-induced reversible phase transition at room temperature on λ-Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub>   | H. Tokoro, S. Ohkoshi   |
| 2011/11/7 | International Symposium on Clusters and Nano-Structures | Fe(III) nanoclusters grafted Fe doped TiO <sub>2</sub> : an efficient visible light photocatalyst   | Liu Min, Masahiro Miyauchi, Kazuhito Hashimoto                      |
| 2011/11/7 | International Symposium on Clusters and Nano-Structures | Multifunctional Cu <sub>x</sub> O/TiO <sub>2</sub> nanocomposite with high photocatalytic visible-light-activity and anti-virus property  | Qiu Xiaoqing, Masahiro Miyauchi, Kazuhito Hashimoto                 |
| 2011/11/7 | TiO <sub>2</sub> -16                                    | Development of Efficient ZnO-based Visible-light Photocatalysts: Metal ion doping and co-catalyst modification  | Srinivasan Anandan, Masahiro Miyauchi                               |
| 2011/11/7 | TiO <sub>2</sub> -16                                    | Hybrid Photocatalysts Composed of G-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> with Bi <sub>15</sub> FeTi <sub>3</sub> O <sub>15</sub> and g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> with S-Doped TiO <sub>2</sub> | Teruhisa Ohno and Naoya Murakami                                    |
| 2011/11/7 | TiO <sub>2</sub> -16                                    | Improvement of Visible Light Responsibility of Loaded Rutile TiO <sub>2</sub> Nanorods by Chemical Etching  | Misa Nakamura, Asami Ono, Eunyoung Bae, Naoya Murakami and          |



|            |   |  |  |
|------------|---|--|--|
|            |   | Treatment  | Teruhisa Ohno                                    |
| 2011/11/7  | TiO <sub>2</sub> -16                          | Dependence of Photocatalytic Activity on Particle Size of Shape-controlled Anatase Titanium(IV) Oxide Nanocrystal  | Naoya Murakami, Shota Kawakami and Teruhisa Ohno |
| 2011/11/7  | TiO <sub>2</sub> -16                          | Visible Light Sensitive TiO <sub>2</sub> Photocatalysts Based on Multi-Electron Oxygen Reduction Catalysts and Interfacial Charge Transfer   | Kazuhiro Hashimoto                               |
| 2011/11/17 | Phase Change Optical Information Storage 2011 | Reversible light-induced phase transition at room temperature on $\lambda$ -Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub>   | H. Tokoro, S. Ohkoshi                            |
| 2011/12/5  | Green Chemistry 2011 Inovations               | CO <sub>2</sub> photoreduction using g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> /WO <sub>3</sub> or g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> /brookite TiO <sub>2</sub> nanorod composite photocatalysts systems | Teruhisa Ohno                                    |
| 2012/3/25  | 243rd ACS National Meeting                    | WO <sub>3</sub> nanotubes and nanorods for photocatalytic environmental purification and self-cleaning applications  | Masahiro Miyauchi                                |

講演等(国内会議) 66件

| 発表年月      | 発表媒体                             | 発表タイトル   | 発表者  |
|-----------|----------------------------------|--|--|
| 2011/7/8  | 平成 22 年度岡山大学次世代研究者・異分野研究連携育成支援事業 | 表面濡れ性に関する最新研究の現状－二酸化チタン光触媒の親水性の新規利用概念と超撥水性表面上での流体の挙動－                                | 酒井宗寿   |
| 2011/7/21 | 第 11 回光触媒研究討論会                   | 不純物ドーピングによる可視光応答型光触媒の設計  | 宮内雅浩、Qiu Xiaoqing, Liu Miin, 橋本和仁                |
| 2011/7/21 | 第 11 回光触媒研究討論会                   | 可視光応答型光触媒による OH ラジカルの発生  | 野坂芳雄・張傑  |
| 2011/7/21 | 第 11 回光触媒研究討論会                   | 紫外光応答型光触媒による抗ウイルス機構  | 石黒斉、中野竜一、姚燕燕、梶岡実雄、窪田吉信                           |
| 2011/7/21 | 第 11 回光触媒研究討論会                   | 非酸化チタン系可視光応答性光触媒材料の開発  | 古南 博   |
| 2011/7/21 | 第 11 回光触媒研究討論会                   | 院内感染起炎菌に対する光触媒の効果  | 中野竜一、石黒斉、姚燕燕、梶岡実雄、窪田吉信                           |
| 2011/7/21 | 第 11 回光触媒研究討論会                   | 光誘起金属-半導体転移を示す $\lambda$ -Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub> の統計熱力学的考察                   | 大越慎一   |
| 2011/7/21 | 第 11 回光触媒研究討論会                   | 可視光光触媒の抗ウイルス・抗菌のメカニズム  | 砂田香矢乃、蓑島維文、魯 玥、橋本和仁                              |
| 2011/7/21 | 第 11 回光触媒研究討論会                   | 可視光で作動する酸化エネルギー貯蔵型光触媒  | 立間 徹、坂井伸行、楊菲                                     |
| 2011/9/6  | 2011 年光化学討論会                     | 八面体構造を有するアナターズ型酸化チタン粒子の開発  | 金正元、村上直也、横野照尚                                    |
| 2011/9/6  | 2011 年光化学討論会                     | 化学エッチング処理によって表面形態制御されたブルッカイト型酸化チタンの光触媒活性   | 張林傑、村上直也、横野照尚                                    |
| 2011/9/6  | 2011 年光化学討論会                     | Fe(III)-grafted Fe doped TiO <sub>2</sub> : an efficient visible light photocatalyst | Liu Min, M. Miyauchi, Qiu Xiaoqing, K. Hashimoto |
| 2011/9/6  | 2011 年光化学討論会                     | A Hybrid CuxO/TiO <sub>2</sub> nanocomposite   | Qiu Xiaoqing, M.                                 |

|            |                           |  |   |
|------------|---------------------------|--|---|
|            |                           | as an anti-virus material  | Miyauchi, K. Hashimoto  |
| 2011/9/8   | 環境科学会 2011 年会             | 光触媒シートを利用した室内臭気の改善   | 桐谷久恵、砂田香矢乃、横山邦雄、橋本和仁  |
| 2011/9/9   | 2011 年電気化学秋季大会            | 酸化チタン光触媒ナノ粒子の表面形状制御による高活性化   | 村上直也  |
| 2011/9/9   | 2011 年電気化学秋季大会            | 耐アルカリ性を有する WO <sub>3</sub> 光触媒膜の作製及びその光触媒活性  | 和田真理絵、小西由也、ワンニイニイ、三石雄悟、郡司天博、佐山和弘  |
| 2011/9/9   | 2011 年電気化学秋季大会            | ルチル型酸化チタンナノロッドの化学処理による可視光応答性能の向上   | 中村美紗、小野麻実、Eunyoung Bae、村上直也、横野照尚  |
| 2011/9/16  | ARS研究会第 79 回例会            | 二酸化チタン光触媒におけるナノ構造制御による機能向上と超親水性の新規利用概念   | 酒井宗寿、中田一弥   |
| 2011/9/21  | 第 108 回触媒討論会              | グラファイト型窒化炭素と硫黄ドーパド酸チタンの複合による高活性光触媒開発   | 近藤健太郎・村上直也・横野照尚   |
| 2011/9/21  | 第 108 回触媒討論会              | 可視光応答型酸化銅担持酸化インジウム光触媒に対する赤色光照射の効果  | 佐々木康友・橋本圭司・古南 博   |
| 2011/9/21  | 第 108 回触媒討論会              | 吸着剤との組み合わせによる酸化タングステン(VI)光触媒の高活性化  | 阪口 聡・橋本圭司・古南 博  |
| 2011/9/21  | 光触媒工業会技術委員会研究会            | 各種可視光応答型光触媒の反応機構から見た比較   | 野坂芳雄  |
| 2011/9/21  | 光触媒工業会技術委員会研究会            | 可視光応答型光触媒の最近の展開  | 入江寛   |
| 2011/9/27  | 第 123 回ラドテック研究会           | 光触媒の現状と今後の展開   | 村上武利  |
| 2011/10/7  | 次世代光触媒応用研究会               | 可視光応答型光触媒の最近の展開  | 入江寛   |
| 2011/11/15 | 第 1 回 CSJ 化学フェスタ          | 耐アルカリ性が向上した WO <sub>3</sub> 光触媒膜の作製及びその光触媒活性   | 和田真理絵、小西由也、三石雄悟、ワンニイニイ、郡司天博、佐山和弘  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 高感度可視光光触媒  | 橋本和仁  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | CuxO/TiO <sub>2</sub> nanocomposite as a risk reduction material against sick house syndrome and infection disease in indoor environment | Xiaoqing Qiu, Masahiro Miyauchi, Kayano Sunada, Masafumi Minoshima, Min Liu, Yue Lu, Ding Li, Yoshiki Shimodaira, Yasuhiro Hosogi, Yasushi Kuroda, Kazuhito Hashimoto |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | Fe(III) nanoclusters grafted Fe doped TiO <sub>2</sub> : an efficient visible light photocatalyst  | Min Liu, Masahiro Miyauchi, Xiaoqing Qiu, Kazuhito Hashimoto  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 可視光型光触媒を利用した内装用抗ウイルス塗料の開発  | 山田陽子、近藤裕樹、藤井寛之、下吹越光秀  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 何が可視光応答型光触媒の活性を決めるか？   | 野坂芳雄  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | ESR による Fe(III)担持 TiO <sub>2</sub> の光触媒反応機構  | 西川雅美、高橋慎一郎、三谷泰史、野坂芳   |

|            |                           |  |  |
|------------|---------------------------|--|--|
|            |                           |  | 雄  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | Fe(III)担持金属ドーブ酸化チタン光触媒の反応解析                                | 三谷泰史、野坂篤子、野坂芳雄   |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 可視光応答型光触媒懸濁系の OH ラジカル生成と H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> の効果 | 張 傑、野坂芳雄   |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 抗ウイルス機能を持つ光触媒ガラスの開発  | 木島義文、皆合哲男  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 酸化タングステン光触媒薄膜の特性向上   | 小西由也、和田真理絵、ワンニイニイ、三石雄悟、郡司天博、佐山和弘                       |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 可視光応答型光触媒による感染リスク低減  | 三木慎一郎  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 抗菌・抗ウイルス性能を有する可視光応答型光触媒の実環境における抗菌性能評価                      | 山本晃士、絹川謙作、三木慎一郎、石黒斉、中野竜一、姚燕燕、弥永都、橋本和仁                  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 高感度光触媒材料(開発品)  | 李 定、杉下紀之、細木康弘、宮石壮、三林正幸、黒田靖                             |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 銅化合物の抗菌・抗ウイルス活性とそのメカニズムについて                                | 砂田香矢乃、蓑島維文、橋本和仁  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 可視光応答型光触媒材料の VOC 分解と水浄化への応用                                | 弥永都、桐谷久恵、横山邦雄、砂田香矢乃、橋本和仁                               |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 光触媒シートを利用した VOC 汚染土壌浄化の実証試験                                | 桐谷久恵、砂田香矢乃、横山邦雄、橋本和仁                                   |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 酸化銅-酸化インジウム可視光応答型光触媒による VOC 分解反応                           | 佐々木康友・橋本圭司・古南 博  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 可視光応答型酸化タングステン(VI)光触媒の高活性化                                 | 阪口 聡・橋本圭司・古南 博   |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 可視光応答型 Cu(II)イオン担持タングステンドーブ酸化チタン                           | 田口剛史、ニライ、入江寛   |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 銅担持した酸化チタンナノワイヤによる可視光応答型光触媒                                | 實平義隆、久保貴哉、内田聡、瀬川浩司                                     |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 可視光応答型光触媒をコーティングした膜材料による抗菌性・抗ウイルス性効果                       | 塩澤優樹、阿部和広、北田拓也、齋藤徳良、砂田香矢乃、橋本和仁                         |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 光触媒の抗菌・抗ウイルス性能評価試験方法の確立                                    | 姚燕燕、石黒斉、中野竜一、梶岡実雄、藤嶋昭、窪田吉信                             |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 銅化合物複合酸化チタン光触媒による抗菌効果                                      | 石黒斉、姚燕燕、中野竜一、三木慎一郎、絹川謙作、山本晃士、砂田香矢乃、蓑島維文、梶岡実雄、橋本和仁、窪田吉信 |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 銅化合物複合酸化チタン光触媒による抗ウイルス効果                                   | 中野竜一、野島康弘、石黒斉、姚燕燕、三木慎一郎、絹川謙作、山本晃士、砂田香矢乃、蓑島維文、梶岡実雄、     |

|            |                           |  |  |
|------------|---------------------------|--|--|
|            |                           |  | 橋本和仁、窪田吉信<br>柳井俊輔、世継和也   |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 光触媒を用いた室内環境浄化内装製品  | 柳井俊輔、世継和也  |
| 2011/12/12 | 第 18 回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」 | 光可逆金属-半導体転移を示すラムダ型五酸化三チタンの電子状態                                   | 箱江史吉、所裕子、生井飛鳥、大越慎一   |
| 2012/1/23  | 日本板硝子材料工学助成会              | 超撥水性表面上での流体の挙動と二酸化チタン光触媒の親水性の新規利用概念                              | 酒井宗寿   |
| 2012/2/3   | 第 27 回日本環境感染学会総会          | 光触媒による感染リスク低減の検討<br>第 1 報 銅化合物複合酸化チタン光触媒による細菌及びウイルスに対する効果        | 石黒斉・姚燕燕・中野竜一・梶岡実雄・窪田吉信・絹川謙作・山本晃士・三木慎一郎<br>砂田香矢乃・蓑島維文・橋本和仁・笹原武志 |
| 2012/2/3   | 第 27 回日本環境感染学会総会          | 光触媒による感染リスク低減の検討<br>第 2 報 病院内から分離される環境菌の調査                       | 中野竜一・姚燕燕・石黒斉・梶岡実雄・窪田吉信・絹川謙作・山本晃士・三木慎一郎<br>砂田香矢乃・蓑島維文・橋本和仁・笹原武志 |
| 2012/2/3   | 第 27 回日本環境感染学会総会          | 光触媒による感染リスク低減の検討<br>第 3 報 銅化合物複合酸化チタン光触媒による抗菌効果の実フィールド検証         | 絹川謙作・山本晃士・三木慎一郎・姚燕燕・石黒斉・窪田吉信・中野竜一・梶岡実雄<br>笹原武志・砂田香矢乃・蓑島維文・橋本和仁 |
| 2012/2/3   | 第 27 回日本環境感染学会総会          | 光触媒による感染リスク低減の検討<br>第 4 報 バクテリオファージを含む飛沫核に対する銅化合物複合酸化チタンの抗ウイルス効果 | 三木慎一郎・山本晃士・絹川謙作・姚燕燕・石黒斉・窪田吉信・中野竜一・梶岡実雄<br>笹原武志・砂田香矢乃・蓑島維文・橋本和仁 |
| 2012/3/15  | 2012 年春季応用物理学会スクール        | 機能性酸化物の環境技術応用  | 入江寛、橋本和仁   |
| 2012/3/19  | 日本セラミックス協会 2012 年年会       | アモルファス Cu(II)酸化物クラスターを担持した酸素欠陥型酸化チタンの可視光光触媒特性                    | 宮内雅浩、Liu Min、橋本和仁  |
| 2012/3/19  | 日本セラミックス協会 2012 年年会       | WO <sub>3</sub> /Al による新規色変換素子の開発                                | 宮内雅浩、柳井俊輔、世継和也   |
| 2012/3/25  | 日本化学会第 92 春季年会            | 金属元素を添加した酸化タングステン光触媒の耐アルカリ性の評価とその光触媒活性                           | 和田真理絵、小西由也、ワンニイニイ、三石雄悟、郡司天博、佐山和弘                               |
| 2012/3/25  | 日本化学会第 92 春季年会            | 酸化タングステン-吸着剤複合光触媒による可視光有機物分解                                     | 阪口聡・橋本圭司・古南博   |
| 2012/3/25  | 日本化学会第 92 春季年会            | 酸化タングステンを用いた酸化エネルギー貯蔵型光触媒における助触媒担持効果                             | 朴 秀知・楊 菲・坂井伸行・立間 徹   |
| 2012/3/29  | 電気化学会第 79 回大会             | Fe 酸化物担持 TiO <sub>2</sub> における電気移動への金属ドーピングの効果                   | 西川雅美、三谷泰史、野坂芳雄   |
| 2012/3/29  | 電気化学会第 79 回大会             | 可視光応答型光触媒懸濁系における OH ラジカル検出                                       | 張傑、野坂芳雄  |
| 2012/3/29  | 電気化学会第 79 回大会             | 新規な光電気化学過程の開拓と光機   | 立間徹  |

|  |  |         |  |
|--|--|---------|--|
|  |  | 能材料への応用 |  |
|--|--|---------|--|

特許等 49 件

| 出願日 | 受付番号 | 出願に関わる特許等の標題 | 出願人 |
|-----|------|--------------|-----|
|-----|------|--------------|-----|

(平成 24 年度)

(1) 研究発表・講演 (口頭発表を含む)

原著論文 9 件

| 発表年月       | 発表媒体   | 発表タイトル   | 発表者  |
|------------|--|--|--|
| 2012/4/15  | Journal of Hazardous Materials, 211(Special Issue), 83-87(2012). | Improvement of visible light photocatalytic activity of bismuth vanadate/silica nanocomposites by cocatalyst loading                         | Naoya Murakami, Naohiro Takebe, Toshiki Tshubota and Teruhisa Ohno   |
| 2012/6/25  | J. Phys. Chem. C. 116 (28),14900-14907(2012).                    | Photocatalytic reaction mechanism of Fe(III)-grafted TiO <sub>2</sub> studied by means of ESR spectroscopy and chemi luminescence photometry | Masami Nishikawa, Yasufumi Mitani, Yoshio Nosaka   |
| 2012/10/15 | Journal of Hazardous Materials, Vol.235- 236, 265-270(2012).     | Highly efficient antiviral and antibacterial activities of solid-state cuprous compounds   | Kayano Sunada, Masafumi Minoshima, Kazuhito Hashimoto  |
|            | J. Phys. Chem. C, 116, 15421-15426 (2012).                       | Chemically Stable WO <sub>3</sub> Based Thin-Film for Visible-Light Induced Oxidation and Superhydrophilicity                                | S. Anandan, M. Miyauchi  |
|            | Chem. Commun, 48, 7365-7367 (2012).                              | A facile one-step hydrothermal synthesis of rhombohedral CuFeO <sub>2</sub> crystals with antiviral property                                 | X. Qiu, M. Liu, K. Sunada, M. Miyauchi, K. Hashimoto   |
|            | Chem. Commun, 48, 4323-4325 (2012).                              | Improved photocatalytic efficiency for WO <sub>3</sub> system by an efficient visible-light induced hole transfer                            | S. Anandan, M. Miyauchi  |
| in press.  | Applied Catalysis B: Environmental                               | Photocatalytic activity of Cu <sup>2+</sup> /TiO <sub>2</sub> -coated cordierite foam inactivates bacteriophages and Legionella pneumophila  | Hitoshi Ishiguro, Yanyan Yao, Ryuichi Nakano, Kayano Sunada, Jitsuo Kajioka, Kazuhito Hashimoto, Akira Fujishima, Yoshinobu Kubota |
| 2012/12    | Journal of Materials Science, 47(23), 8167-8173(2012).           | Reduction of fluid friction on the surface coated with TiO <sub>2</sub> photocatalyst under UV illumination                                  | Munetoshi Sakai, Masaki Nishimura, Yasushi Morii, Tsutomu Furuta, Toshihiro Isobe, Akira Fujishima, Akira Nakajima                 |
|            | Photochemical & Photobiological Sciences, 11, 1293-1298(2012).   | Photocatalytic inactivation of Influenza virus by titanium dioxide thin film.  | R. Nakano,H.Ishiguro, Y. Yao, J.Kajioka, A. Fujishima, K. Sunada, M.Minoshima, K. Hashimoto, Y. Kubota.                            |

総説/書籍(分担執筆) 25 件

| 発表年月 | 発表媒体                  | 発表タイトル    | 発表者 |
|------|-----------------------|-----------|-----|
|      | セラミックス、47、627 (2012). | 光触媒は夜間も働く | 立間徹 |

|           |                                   |  |   |
|-----------|-----------------------------------|--|---|
|           | Electrochemistry, 80, 523 (2012). | 新規な光電気化学過程の開拓と光機能材料への応用                                  | 立間徹   |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、4-9(2012).               | 酸化チタン伝導帯制御による可視光応答型光触媒の創製                                | 入江寛、橋本和仁                                    |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、10-13(2012).             | 貴金属ドーパ酸化チタン光触媒の調製と可視光誘起光触媒反応                             | 大谷文章、オランダオマール=プエリトマハニー、ジョアンナ=クンチベッツ         |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、14-17(2012).             | 酸化チタン系可視光応答型光触媒の開発                                       | 水津宏、永井秀幸                                    |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、24-27(2012).             | アスペクト比が制御されたブルックライト型酸化チタンナノ粒子の開発と反応性                     | 横野照尚  |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、28-33 (2012).            | 高感度光触媒材料の開発  | 黒田靖   |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、34-37 (2012)             | 新規可視光応答型酸化チタン光触媒の反応機構                                    | 西川雅美、野坂芳雄                                   |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、38-41 (2012).            | 新規可視光応答型光触媒の利用   | 砂田香矢乃、桐谷久恵、深山陽子、橋本和仁                        |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、42-45(2012).             | 可視光応答型酸化タングステン光触媒の実用化に向けて一耐アルカリ性の向上                      | 小西由也、佐山和弘                                   |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、46-49(2012).             | 耐アルカリ性を備えた WO <sub>3</sub> 系セルフクリーニング薄膜の開発               | 宮内雅浩、Srinivasan Anandan                     |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、50-53 (2012).            | 光触媒を用いた高性能空気浄化システムの開発                                    | 栗屋野伸樹、安藤仁                                   |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、54-57(2012).             | 可視光応答型光触媒のアセトアルデヒド完全分解試験方法の確立                            | 村上武利、中田一弥、宮内雅浩、藤嶋昭                          |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、62-65 (2012).            | 酸化エネルギー貯蔵型光触媒の開発   | 立間徹、坂井伸行、朴秀知                                |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、66-69 (2012).            | 水熱合成法で調製した酸化チタンナノワイヤの光触媒活性と可視光応答化                        | 實平義隆、久保貴哉、瀬川浩司                              |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、70-73 (2012).            | ラムダ型 Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub> における可逆的な光相転移の繰り返し耐久性 | 所裕子、箱江史吉、梅田喜一、永田利明、田中研二、奈須義総、生井飛鳥、橋本和仁、大越慎一 |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、74-77(2012).             | 酸化第一銅の抗菌・抗ウイルス機構   | 蓑島維文、橋本和仁                                   |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、78-83(2012).             | 銅化合物複合酸化チタン光触媒による抗菌効果                                    | 石黒斉、中野竜一、梶岡実雄、窪田吉信                          |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、84-87(2012).             | 高度な抗菌・抗ウイルス機能を有する可視光型光触媒コーティング材・フィルム材の開発                 | 三木慎一郎                                       |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、88-91 (2012).            | 光触媒を用いた室内環境浄化建材の開発                                       | 柳井俊輔、世継和也                                   |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、92-95 (2012).            | 可視光応答型光触媒材料を利用した抗菌・抗ウイルス塗料の開発                            | 藤井寛之、下吹越光秀                                  |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、37、96-99 (2012).            | 抗ウイルス性光触媒ガラスの開発  | 皆合哲男  |
| 2012/6/13 | 会報光触媒、38、12-15 (2012).            | WO <sub>3</sub> 系可視光応答型光触媒～TiO <sub>2</sub> の添加効果～       | 宮内雅浩、Srinivasan Anandan                     |
| 2012/7/10 | 会報光触媒、38、8-11(2012).              | アモルファス Cu <sub>x</sub> O ナノ粒子担持酸                         | 橋本和仁、Qiu                                    |

|         |                          |                            |               |
|---------|--------------------------|----------------------------|---------------|
|         |                          | 化チタンの可視光活性                 | Xiaoqing、宮内雅浩 |
| 2012/11 | 積水グループ技報、24、68-71(2012). | 可視光応答型光触媒を用いた室内環境浄化内装建材の開発 | 柳井俊輔          |

講演等(国際会議) 1件

| 発表年月      | 発表媒体  | 発表タイトル  | 発表者                              |
|-----------|---|---|----------------------------------|
| 2012/8/19 | 244th American Chemical Society National Meeting and Exposition, Materials for Health and Medicin | Conduction Band Control of TiO <sub>2</sub> : Toward an Efficient Visible-Light-Sensitive Photocatalyst | Hiroshi Irie, Kazuhito Hashimoto |

講演等(国内会議) 22件

| 発表年月       | 発表媒体                 | 発表タイトル   | 発表者   |
|------------|----------------------|--|---|
| 2012/7/10  | 第12回光触媒研究討論会         | WO <sub>3</sub> 系可視光応答型光触媒～TiO <sub>2</sub> の添加効果～             | 宮内雅浩、Srinivasan Anandan                           |
| 2012/7/10  | 第12回光触媒研究討論会         | アモルファスCu <sub>x</sub> Oナノ粒子担持酸化チタンの可視光活性                       | 橋本和仁、Qiu Xiaoqing、宮内雅浩                            |
| 2012/8/28  | 第29回エアロゾル科学・技術研究討論会  | 浮遊ウイルスの可視光光触媒による不活化  | 砂田香矢乃、横山邦雄、橋本和仁、高塚威、菅原一彰、石黒斉、中野竜一、梶岡実雄            |
| 2012/9/13  | 環境科学会 2012 年会        | 光触媒シートを利用した低コスト原位置土壌浄化の実証試験                                    | 桐谷久恵、砂田香矢乃、横山邦雄、橋本和仁                              |
| 2012/9/13  | 日本建築学会 2012 年大会学術講演会 | 模擬くしゃみ発生装置を用いた含ファージ飛沫付着実験についての報告<br>第1報 くしゃみの被験者実験とくしゃみ発生装置の製作 | 古川太郎 絹川謙作 三木慎一郎 石黒斉 中野竜一 梶岡実雄<br>砂田香矢乃 橋本和仁       |
| 2012/9/13  | 日本建築学会 2012 年大会学術講演会 | 模擬くしゃみ発生装置を用いた含ファージ飛沫付着実験についての報告<br>第2報 可視光応答型光触媒による抗ファージ効果    | 絹川謙作 三木慎一郎<br>古川太郎 石黒斉<br>中野竜一 梶岡実雄<br>砂田香矢乃 橋本和仁 |
| 2012/9/13  | 光触媒工業会平成24年度第1回技術研究会 | 可視光応答型光触媒を用いた室内環境浄化建材の開発                                       | 柳井俊輔  |
| 2012/10/3  | 光機能材料研究会第39回講演会      | 可視光応答型光触媒の抗菌・抗ウイルス効果   | 砂田香矢乃   |
| 2012/10/3  | 光機能材料研究会第39回講演会      | 感染症に対する光触媒の抗菌効果  | 中野竜一  |
| 2012/10/3  | 光機能材料研究会第39回講演会      | 高度な抗菌・抗ウイルス機能を有する可視光応答型光触媒コーティング材・フィルム材の開発                     | 絹川謙作  |
| 2012/10/3  | 光機能材料研究会第39回講演会      | 可視光応答型光触媒を利用した抗菌・抗ウイルス塗料の開発                                    | 下吹越光秀   |
| 2012/10/3  | 光機能材料研究会第39回講演会      | 新千歳空港ターミナルでの光触媒空気浄化システム実証試験                                    | 栗屋野伸樹   |
| 2012/10/26 | 第71回日本公衆衛生学会総会       | 新規可視光応答型光触媒の安全性評価  | 砂田香矢乃、石黒 斉・中野竜一・梶岡実雄、橋本和仁                         |

|            |                  |  |             |
|------------|------------------|--|-------------|
| 2012/10/26 | 第 71 回日本公衆衛生学会総会 | 可視光応答光触媒コート剤塗膜の抗菌・抗ウイルス性能評価              | 小林大哉、橋本和仁 他 |
| 2012/10/26 | 第 71 回日本公衆衛生学会総会 | 可視光応答型光触媒をコーティングした PVC 膜材料による抗菌・抗ウイルス効果  | 塩澤優樹、橋本和仁 他 |
| 2012/10/26 | 第 71 回日本公衆衛生学会総会 | 病院における可視光光触媒建材の抗菌・抗ウイルス機能の実証実験           | 柳井俊輔 他      |
| 2012/10/26 | 第 71 回日本公衆衛生学会総会 | 可視光光触媒を用いた環境浄化－病院における実証結果－               | 安藤仁 他       |
| 2012/10/26 | 第 71 回日本公衆衛生学会総会 | 可視光光触媒を利用した抗菌・抗ウイルス塗料の病院実証試験結果           | 藤井寛之 他      |
| 2012/10/26 | 第 71 回日本公衆衛生学会総会 | 可視光光触媒の抗菌・抗ウイルス効果－A 病院における抗菌効果の実フィールド検証－ | 絹川謙作 他      |
| 2012/10/26 | 第 71 回日本公衆衛生学会総会 | 可視光応答型光触媒による抗菌・抗ウイルス特性                   | 細木康弘 他      |
| 2012/10/26 | 第 71 回日本公衆衛生学会総会 | 新規に創製した可視光応答型光触媒の抗菌・抗ウイルス効果              | 橋本和仁        |
| 2012/11/28 | 第 44 回オール積水技術討論会 | 病院における可視光光触媒建材の抗菌・抗ウイルス機能の実証実験           | 柳井俊輔        |

特許等 13 件

| 出願日 | 受付番号 | 出願に関わる特許等の標題 | 出願人 |
|-----|------|--------------|-----|
|-----|------|--------------|-----|