

「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」

中間評価報告書

平成21年9月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

平成21年9月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 村田 成二 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、別添のとおり
評価結果について報告します。

目 次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 個別テーマに関する評価結果	1-19
2. 1 光触媒共通サイエンスの構築	
2. 2 光触媒基盤技術の研究開発	
2. 3 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発	
2. 4 酸化チタンの新機能創出	
2. 5 光触媒新産業分野開拓	
3. 評点結果	1-33
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1

はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」の中間評価報告書であり、第18回研究評価委員会において設置された「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」（中間評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第22回研究評価委員会（平成21年9月17日）に諮り、確定されたものである。

平成21年9月
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

「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 会長	みのうら ひでき 箕浦 秀樹	岐阜大学 名誉教授
分科 会長 代理	わだ ゆうじ 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
委員	あさの ゆういち 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 たつや 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 よしお 岡本 誉士夫	ダイキン工業株式会社 空調生産本部 商品開発グループ 主任技師
	やました ひろみ 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 教授
	よう ぎんか 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 センター長

敬称略、五十音順

審議経過

● 第1回 分科会（平成21年7月14日）

公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明
6. プロジェクトの詳細説明
 - 6-1. 光触媒共通サイエンスの構築

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6-2. 光触媒基盤技術の研究開発
 - 6-3. 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発
 - 6-4. 酸化チタンの新機能創出
 - 6-5. 光触媒新産業分野開拓
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他、閉会

● 第22回研究評価委員会（平成21年9月17日）

評価概要

1. 総論

1) 総合評価

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。

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的確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。

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。

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。

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。

2) 今後に対する提言

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。

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。

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。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

近年、生活環境を脅かす様々な問題が顕在化しており、その早急な解決に向けた技術開発が求められている中で、光触媒は他の手法にはない優位性を基本的に有し、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。

光触媒技術は、日本発の技術として新しい市場を創出し世界を先導してきたが、更なる拡大・普及のためには、可視光活性の不足など多くの課題を解決する必要がある。新規光触媒の開発はナノテクの最先端領域であり、民間企業だけ実施は難しく、民間企業のみによって研究開発、製品化を行うには相当の時間を要し、適切な企業の組み合わせも容易には実現できないことなどから、光触媒分野における新規産業の創出は容易ではない。従って、本プロジェクトの実施が NEDO 事業として極めて妥当であり、また、市場や海外の動向から見ると、非常にタイムリーであると判断される。

2) 研究開発マネジメントについて

「従来型の 10 倍の可視光光触媒活性」という市場からの要請に基づく一見困難とも思われる戦略的かつ具体的な目標値を掲げ、目標達成度を判断するための指標も適切に設定がなされ、検討する要素技術も的確でもある。

強い指導力のプロジェクトリーダーの下、実績のある大学研究者と企業が適切に選定され、医学など材料分野以外の専門家も組み込んで、大学が得意とする理論への帰着と企業による開発を上手く融合させた研究体制を構築している。また、月 2 回という高頻度での検討会とそこでの最新データの公表と共有化、会議の録音をはじめ最初の提案者の権利を担保する仕組みなどのアイデアなど、運営法も斬新かつきわめて的確である。公的機関が主導するほかの共同研究プロジェクトの運営への参考となるので、本プロジェクトでの研究開発マネジメント法について積極的な情報公開を行って欲しい。

またウイルス不活化の実証試験に新規に取り組むなど情勢変化への対処も十分兼ね備え、機敏な対処と高い目標設定を実行するマネジメントとなっている。

しかし、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。

3) 研究開発成果について

「光触媒共通サイエンスの構築」では Cu/WO₃ 系の可視光光触媒活性が既に当初設定した最終目標を達成し、他の計画内容についても目標に対する遅れ、ブレはない。今までに得られたいくつかの成果は世界最高水準であり、大気浄化、土壌浄化、抗菌・抗ウィルスなどにおける光触媒技術は、既存の技術に対して明らかに優位性を有する。これらの成果は光触媒応用市場の大幅な拡大につながることを期待できる。

特許出願を含む研究発表も十分になされ、一般に向けた発信も積極的に行われている。特に、知的財産保有に関する指針作成は市場形成の観点より評価される。

光触媒機能の標準化の取り組みは、このプロジェクトで得られる技術が狭い企業群の利益だけでなく、広く社会還元される可能性を広げている。

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。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。

4) 実用化、事業化の見通しについて

プロジェクト参画者すべてが、事業化(実用化)への課題、目標を理解し、シナリオを掲げて取り組んでいると判断される。実用化に向けての課題解決の方針もほぼ明確と考えられ、中間評価までの成果をみれば、参画企業のすべてにおいて実用化できる可能性があり、日本からの新たな技術領域からの市場形成が予測される。

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。また、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。

本プロジェクトで構築された共通サイエンスは、材料設計の一つの指針にもなり得、その成果は、環境関連の事業にとどまらず、広い波及効果が期待できる。また、本プロジェクトを遂行する中で、集中研究室や関連機関において力をつけた人材の育成がなされている。

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。

研究評価委員会におけるコメント

第22回研究評価委員会（平成21年9月17日開催）に諮り、了承された。
研究評価委員会からのコメントは特になし。

研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所属、役職
委員長	西村 吉雄	東京工業大学 監事
委員長代理	吉原 一紘	独立行政法人物質・材料研究機構 名誉顧問
委員	安宅 龍明	オリンパス株式会社 未来創造研究所 新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部 テーマコーディネーター
	伊東 弘一	早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 取締役社長
	小林 直人	早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	東北大学大学院 工学研究科 バイオロボティクス専攻 教授
	佐久間一郎	東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学 精密機械工学専攻 教授
	菅野 純夫	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	富田 房男	放送大学 北海道学習センター 所長
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学機械学科 教授・総合技術研究所所長
	宮島 篤	東京大学 分子細胞生物学研究所 教授

第 1 章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

1. プロジェクト全体に関する評価結果

1. 1. 総論

1) 総合評価

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。

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。

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。

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。

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。

<肯定的意見>

- 研究予算は平成21年度までで約30億円に達する。現状の市場規模が1000億円に対し、NEDOは内装部材などへの展開によって将来の市場規模を約3兆円と見込む。この数字が妥当だという前提に立てば、成果の進捗状況などを踏まえこれまでの投資は妥当な範囲だと考えられる。
- 環境などを踏まえた先導的な事業の一例として、国土交通省は2009年度予算で将来の先進的な環境配慮型の建物の構築を狙い、設計費や建設費などを補助する「省CO2モデル事業」に70億円を計上した。事業内容や質は異なるので単純比較はできないものの、こうした施策に比べてみても、妥当な投資のレベルだと思われる。
- 全体的には、定量的な中間目標を設定し、最終目標に向けての課題・取り組みが明確に示されている。

- 光触媒産業の拡大における課題を綿密に分析した上で、的確な戦略目標が設定されている。
- さらに、VOC・ウイルスを考慮した空気質改善や土壌汚染など昨今の社会問題を踏まえた実用化ビジョンを掲げている点は評価できる。最終目標に達している研究項目も散見され、中間段階における研究成果は総じて十分な水準に達しているとみられる。
- 集中研究室を中心に、ポイントとなる課題の解決が基本的になされており、これからなされ得るめども立ちつつあるように思われる。全体的には当初の目標を上回る進捗状況であると判断される。
- 世界経済が混迷し、国内市場にも暗い影を落とす中、光触媒技術は次世代の産業界をリードする可能性が高い技術開発テーマと考えられる。将来の日本の産業界を支え得る有望な技術分野の一つである半面、主用途が建物などの外装材にとどまり、市場の活性化が求められる分野でもあった。伸び悩みが見え始めた市場においてブレイクスルーを図るうえで新しい実用分野を開拓するための研究・開発の必要性は認められる。
- 橋本 PL の示す明確な目標に対して、ぶれることのない推進体制で成果を残している。その計画内容も特に重大な遅れ、内容の不足ということはなく、着実な進み方を示している。特記すべきことは、中間評価時点で、“光触媒共通サイエンスの構築”において十二分に目標を達成している成果が見られることで、これを高く評価する。他の実施項目もこの成果に連動した密接な協力体制を取っている。
- PJ 途中において、新しく“抗ウイルス”事業を設定したことも高い評価を受けるべきである。
- 実施者の中での研究開発の進捗状況の共有化や知財管理を含む研究開発のマネジメントも評価すべきものである。これは橋本 PL の卓越したリーダーシップによるところが大きいと考え、高く評価したい。
- プロジェクトリーダーの強い指導の元、大学の有するアイデアと企業の有する実業化力をうまく融合して、環境浄化や生活環境改善といった民間のニーズを見据えた研究開発がなされ、成果も順調に得られており、NEDO 事業として適したプロジェクトであると判断する。継続すべき重要課題であり、今後素晴らしい成果が期待できる。
- 高い目標設定に対し、PL の強いリーダーシップのもとで、参画者の有機的な連携が図られ、着実に成果が得られている。
- 特に、高活性可視光応答型光触媒材料の創製に関しては、中間目標値を大きく上回る成果も得られており、今後、実用化に向けて取り組みを加速させていただきたい。

- 既に中期目標を上回る成果が得られ、最終目標の実現が大いに期待できる。
- プロジェクト開始時に設定した中間目標を達成している。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、十分評価できる。今後の課題、目標も明確となっており、本技術をベースとして今後のプロジェクトの進展、特に内装部材での量産化、実用化を期待したい。加えて、光相転移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しうる。
- また、酸化チタンの新機能創出に関しては、新たな視点から新提案がなされており、可視光応答型材料の実用化と併せて、新市場の創出に期待する。
- 内装部材への展開への鍵となる可視光応答の改善に関しては、理論的考察とそれに基づく実験的検討が順調に進行している。ここで新たに導入されたのは、界面電子移動と酸素の多電子還元触媒の概念であるが、それが実証されて新しいブレークスルーが生まれたことは意義深いと考える。他への波及効果も期待できよう。

<問題点・改善すべき点>

- 研究項目の中には、現状は大枠で定めている最終目標にかなり近づいているようにも見えるものがあった。こうしたものについては、最終目標の内容をもう少し分かりやすく、具体的に設定し、評価しやすくなるようにしておく方が好ましい。中間段階で、最終目標を達成できているもの（可視光活性 10 倍の光触媒）については、新たに具体的でより高度な目標などの設定の検討が望まれる。ただし、研究上のモチベーション維持などの観点も踏まえ、中間段階で最終目標レベルの成果を収め、目標を高めたりしたものについては、研究内容の最終評価時に、その目標に達していなかったとしても一定の配慮がなされることは許容できる。
- 新規光触媒の創製など基本的事項に対して、周辺技術を含めて実用化のめどを立てる点での遅れがあるように感じられる。
- 複数の研究項目において、VOC に対する空気質の改善を図る狙いが掲げられていた。この際の VOC について、ホルムアルデヒドをターゲットとしている感が強かった。しかし現在、F☆☆☆☆の建材の普及などに伴って、シックハウスなどの問題はホルムアルデヒドよりもむしろそのほかの VOC が原因となっていると思われるケースが増えているとされる。こうした例では、被害をもたらした VOC が、判明しないケースも少なくない。VOC に対する空気質改善の目標を掲げる際には、現状のシックハウスの問題に対する知見を深め、ホルムアルデヒドだけを目標とするのではなく、もう少し広い観点から目標を設定することが望まれる。

- 「高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発」は当然、PJ 後半にその研究開発の重点が置かれていることは理解するが、まだ、その目標達成の可能性が見えていない。見通しの具体化が必要と思われる。
- 国費を活用したプロジェクトである以上、中間段階でも十分に成果が確認できているものについてはできる限り速やかに、かつ積極的に（技術戦略上、極めて重要なノウハウなどを除いて）情報開示し、光触媒という技術の現状や開発動向などを広報する姿勢が求められる。将来への期待が高い技術であれば、その内容を国民に広く知ってもらう機会を少しでも増やす努力が必要だ。発表内容やタイミングなどを工夫して、少ないコストでも関心を持ってもらえるような取り組みが期待される。

<その他の意見>

- ・ 橋本P Lの強力なリーダーシップが発揮されており、P L全体は順調に展開されていると思われる。
- ・ 定例討論会、技術推進委員会等革新的な運営が実施されたことにより、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。マネジメントも十分に評価できる。
- ・ 一方、新型インフルエンザに対応すべく、大規模な実空間での検証も追加され、社会情勢を反映させた柔軟な取り組みとして評価できる。

2) 今後の提言

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。

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。

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。

<今後に対する提言>

- ・ このプロジェクトに限らず、NEDO 事業の多くについて言えることだと思うが、どのような成果を持って目標が達成できたと評価するかの基準が明確にされていない。論文・特許が出れば良いのか、商品化になればよいのか、利潤が上がればよいのかなど。今後の NEDO 事業の評価では、評価対象をもっと限定して明確にすべきだと思う。掛けた予算に対しての評価方法・評価基準を明確にするよう検討すべきである。
- ・ 成果の指標として、コスト面での妥当性のほかに、省 CO₂ といった切り口も検討すべき段階ではないか。技術の活用や普及によって、CO₂ 排出量にどのようなインパクトを与えるのかなども一つの評価軸にできないか検討が望まれる。
- ・ さらに、環境配慮型の社会への転換が迫られるなかで、開発した製品の使用後のリサイクルやリユースといった視点も大切だ。こうした視点については、既に明確なものはそれを示し、不明確なものはその検討を進めることも求められるのではないか。
- ・ 本プロジェクト内で、各課題箇所配分した予算とそれに対する成果を、もう少し明確になるとよいと思う。どうしても、プロジェクト全体を評価対象とすると、プロジェクト内でどの箇所がそのような予算で素晴らしい成果を上げたか見えにくい。
- ・ 橋本 PL の強力なリーダーシップは強みであるが、同時に固定した方向以外への弾力性を PJ に与えるためには、外部の意見を取り入れる機会を作ること提案したい。

- ここまでは順調に進捗してきたが、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最終目標への道のりはこれからが大変かと思われる。本プロジェクトは大きな実りを得るべく、続行させて欲しいと考えている。今までの成果に安住することなく努力を続けて欲しいと願っている。
- 酸化チタン系の高感度化への取り組みを強化することが望ましい。
- 当該PJにて開発に成功した新しいタングステン主体の光触媒の基礎データをもとに種々の応用に対するシミュレーションを急ぐことが今後のPJがどこまで市場形成に成功できるかどうかの鍵と考える。
- 長期性能に対する検証などへの配慮が求められる。可視光反応特性の高い材料として開発した酸化タングステンなどについては、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。
- 実用化に向けた検討にさらなる加速が必要と思われる。
- 技術の実用化は効果とコストのバランスがカギとなるだけに、実証試験などを伴う研究を中心に、開発した技術の長期性能を検証し、耐久性を確認して、その費用対効果を十分に検証することが重要だ。そして、その結果は積極的に情報公開することが求められる。
- 個別テーマ③⑤に関しては、現行市販材料の評価段階であり、今年度より新材料の評価と併せて、実用化に向け取り組みを加速させていただきたい。
- 例えば、これまでに光触媒の超親水性を利用した冷房負荷の軽減の取り組みなどの検証事例などがある。こうしたものについて、年単位で検証を重ね、長期的な光触媒の性能確認などを示すことも大切だ。こうした実際の検証に基づく耐久性とコストの関係などは、その成否にかかわらず、積極的に開示して欲しい。
- 前期は新規可視光応答光触媒の開発がメインとなり、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。一方では後期の方針も明確であり、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、量産化の実現を期待する。
- 新型インフルエンザに対応すべく、大規模な実空間での検証も追加され、社会情勢を反映させた柔軟な取り組みとして評価できる。

<その他の意見>

- 本プロジェクトでは、今後コーティング材化、耐薬品性改善などが試作・商品化の key となる。新産業分野開拓への重点投資も重要であることは理解できるが、光触媒基盤技術の研究開発、内装部材開発への重点投資の一考を考慮してみてはどうか。加えて、酸化チタン新機能創出への配分への加速投資を検討頂きたい。
- 予算配分に関して、個別テーマ⑤に重点配分されていますが、成果が出つつあり、商品化を加速すべき観点から、個別テーマ③④にも再配分すべきではないでしょうか？

1. 2各論

1) 事業の位置付け・必要性について

近年、生活環境を脅かす様々な問題が顕在化しており、その早急な解決に向けた技術開発が求められている中で、光触媒は他の手法にはない優位性を基本的に有し、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。

光触媒技術は、日本発の技術として新しい市場を創出し世界を先導してきたが、更なる拡大・普及のためには、可視光活性の不足など多くの課題を解決する必要がある。新規光触媒の開発はナノテクの最先端領域であり、民間企業だけ実施は難しく、民間企業のみによって研究開発、製品化を行うには相当の時間を要し、適切な企業の組み合わせも容易には実現できないことなどから、光触媒分野における新規産業の創出は容易ではない。従って、本プロジェクトの実施が NEDO 事業として極めて妥当であり、また、市場や海外の動向から見ると、非常にタイムリーであると判断される。

<肯定的意見>

- 新規な光触媒の開発は、企業では難しい。また、それを利用した新規産業創出は当然ながら大学側では不可能な仕事である。さらに、光触媒関連の新規事業創出は、ある程度の市場形成はすでに出来上がっているものではあるが、さらに大きな発展を見通した場合、従来の酸化チタンベースの光触媒に紫外光ランプを組み合わせた系では、市場に限界がある。企業の自己投資あるいは大学の獲得する研究資金だけでは、この PJ のような開発体制を作ることは困難である。そこに NEDO の関与が必要な理由がある。事業の目的は、明確でかつ日本が世界のリーダーとなって当該分野の市場を作るために妥当な設定である。
- 光触媒技術が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ながら、既存の技術には可視光活性の不足など民間活動のみでは改善しにくい課題が多く残されているため、NEDO 事業として本プロジェクトの実施が極めて妥当であり、また、市場動向、国際競争状況から見て、非常にタイムリーなプロジェクトであると思う。
- 本プロジェクトの内容は、ナノテク最先端領域であり、海外(特に欧州)の動向を踏まえれば、民間のみの開発、製品化では相当な時間を要すること、適切な企業の組み合わせが容易に実現できないことなど、NEDO の関与が必要な事業と考える。成果は医療・福祉分野への応用技術であり、公共性もあるプロジェクトと判断できる。
- 開発成果はナノテク・部材イノベーションプログラムの目標達成にも寄与しており、加えて国際競争力も十分持っている。

- 性能評価の基準の分野を日本が戦略的にリードできれば、当該産業の国際競争力の向上を期待できる。さらに、適切な規格や標準の整備は、消費者などに適切な製品情報などを伝えたり、検証したりするための重要なツールとなる。その意義は大きい。
- 光触媒技術は、日本発の技術として、新しい市場を創出し、世界を先導してきたが、今後、グローバルな展開を加速するためにも、オールジャパンの体制で臨む必要があり、NEDOの関与が必須と考えられる。
- 本プロジェクトは、NEDO 事業のナノテク・部材イノベーションプログラムに適合した重要課題である。昨今のインフルエンザ危機にも素早く研究課題を軌道修正するなど、市場動向や政策動向に妥当な課題設定になっている。
- 光触媒が持つ空気質（ウイルス・VOC）の改善は医療・福祉施設やシックハウス対策という面に加え、近年、公共投資対象として見直されている学校にも関係が深い。さらに、こうした効用は空港や駅といった不特定多数が利用する施設でも重要だ。研究の公共性は高いと認められる。
- 近年、生活環境を脅かす様々な問題が顕在化しており、その早急な解決に向けた技術開発が求められている中で、光触媒は他の手法にはない優位性を基本的に有しており、その役割が大いに期待される。光触媒産業拡大のために必要とされることは、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、院内感染問題をはじめとする抗菌、抗ウイルス対策、土壌汚染対策等に対して光触媒適用分野を開拓することである。本プロジェクトは、解決困難な社会的課題の克服を可能とすることを目的とする「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として実施しているが、その目的に十分かなうものといえる。
- また、新型インフルエンザに対応すべく、大規模な実空間での検証に関して、補正予算を投入し展開することは、社会情勢を反映させた柔軟な取り組みとして評価できる。
- 加えて、光触媒は土壌浄化や超親水性を利用した水膜による冷房負荷軽減など環境技術としても可能性を秘めている。
- 可視光感度を高め、内装材としての実用化を実現することで、住宅着工戸数の低迷などで厳しい市況にある建材市場などの活性化を促す効果も期待できる。

<問題点・改善すべき点>

- 室内用建材など用途を拡大する可能性のある可視光感度10倍の光触媒を実現する材料自体に対するに制約がない点は、目標として少し物足りない面がある。室内用途などで用いる材料として使用する以上、マテリアルとして、一定の安全性が求められるからだ。
- 安全性が不明瞭だと、消費者の光触媒に対する印象に不安を残してしまう恐れがある。これまでの使用実績が豊富で、健康被害のリスクが低い物質を中心に、同性能の達成を図る視点も求められる。これを必達の条件としなくとも、10倍となる物質の開発と並行して、安定性がより高いと考えられる材料での高感度化を図る姿勢を目標に明記するような挑戦的な姿勢も期待したい。
- 当該事業によりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるかとの項目については、判断に必要な材料は提供されていない。しかしながら、この時点でこの項目について判断することは妥当ではない。

<その他の意見>

- ・ 現在、スクールニューディールの施策に伴って、全国の学校施設の整備に注目が集まっている。こうした分野で光触媒を用いて、維持管理などにおけるコストダウンや省エネといった視点を盛り込んでいくことも検討に値するのではないか。学校など公的な施設に技術導入した結果であれば、その後の検証や計測も教育などと関連させて進めることが可能になるかもしれない。素材分野や環境分野などにおける人材育成という観点にもつながり得るのではないか。

2) 研究開発マネジメントについて

「従来型の 10 倍の可視光光触媒活性」という市場からの要請に基づく一見困難とも思われる戦略的かつ具体的な目標値を掲げ、目標達成度を判断するための指標も適切に設定がなされ、検討する要素技術も的確でもある。

強い指導力のプロジェクトリーダーの下、実績のある大学研究者と企業が適切に選定され、医学など材料分野以外の専門家も組み込んで、大学が得意とする理論への帰着と企業による開発を上手く融合させた研究体制を構築している。また、月 2 回という高頻度での検討会とそこでの最新データの公表と共有化、会議の録音をはじめ最初の提案者の権利を担保する仕組みなどのアイデアなど、運営法も斬新かつきわめて的確である。公的機関が主導するほかの共同研究プロジェクトの運営への参考となるので、本プロジェクトでの研究開発マネジメント法について積極的な情報公開を行って欲しい。

またウイルス不活化の実証試験に新規に取り組むなど情勢変化への対処も十分兼ね備え、機敏な対処と高い目標設定を実行するマネジメントとなっている。

しかし、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。

<肯定的意見>

- 酸化チタンを用いない“新規な可視光で働く光触媒”を開発し、かつ従来型のものに比較し 10 倍の触媒活性という戦略的かつ具体的な目標設定がなされている。このような明確な目標設定は高い評価に値する。
- 市場からの要請に基づく一見困難とも思われる目標値を掲げ、目標達成度を判断するための指標も適切と判断される。検討する要素技術も的確であると考えられる。
- 市場からの要求をもとに、極めて具体的な研究目標が設定されている。
- “光触媒共通サイエンスの構築”は、設定目標をすでに満足している。実用化の観点から、研究すべき対象を絞り込んだ選択をしておき、進んでいる方向にぶれはない。
- 定量的な、最終目標値が設定されており、P L の強力なリーダーシップにより展開されている。
- 研究開発目標である可視光感度 10 倍は妥当な目標であり、目標達成のための計画となっている。状況を鑑み、加速財源投入も実施され、その効果が明らかな成果を得ている。
- 全体を統括するプロジェクトリーダーの強いリーダーシップのもとで、オールジャパン的な体制が整っている。

- 橋本 PL が明確な目的提示をし、さらに適切な企業実施者が選定されている。
- 技術の実用化という視点を大学が得意とする理論への帰着と企業による開発を上手く融合させた研究体制を構築しており、それぞれが研究に取り組みやすい施策を講じている。
- 研究開発を進める実施者はそれぞれ熱心に取り組んでいる印象を受けた。橋本 PL のリーダーシップの果たす役割は大きい。月 2 回という高頻度での検討会とそこでの最新データの公表と共有化など運営法も斬新かつきわめて的確であると思われる。
- プロジェクトリーダー、実施者ともに優れた開発能力、商品化、事業化能力を備えており、チーム構成として問題はなく、関係者間の連携も十分とれている。
- 研究データについても、会議の録音をはじめ最初の提案者の権利を担保する仕組みなどを工夫し、知見の共有化を図るためのアイデアを取り入れた点は評価に値する。また、医学など材料分野以外の専門家も研究に組み込んでいる。妥当なマネジメントがなされていると考えられる。
- 2 回／月の定例討論会は、成果・問題点の共有および実施者間交流の活性化に非常に有効だと思われる。
- 強い指導力のプロジェクトリーダーの元、実績のある大学研究者と企業が適切に選定され、社会情勢の変化を見据えて目標設定を適切に行っている。
- ウィルス除去への検討をいち早く着手するなど、社会情勢の変化に機敏に対応している。
- またウイルス不活化の実証試験へ新規に取り組むなど情勢変化への対処も十分兼ね備え、機敏な対処と高い目標設定を実行するマネジメントとなっている。
- “抗ウイルス”等、PJ の途中での実施分野の新たな追加は、時代の要請への柔軟な対応として評価できる。
- 新型インフルエンザ流行に伴う対策の一つとして、抗ウイルスに対する光触媒の有効性を評価する検討課題を急遽追加するなど、情勢変化を踏まえた迅速な対応もなされており、その点も評価したい。

<問題点・改善すべき点>

- “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”、“光触媒新産業分野開拓”では、数値的な目標提示が希薄な印象を持った。

- “高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発”では、目標達成に必要な要素技術がまだ明確に認識できていない、あるいは明確に提示できていない。
- 新産業分野開拓として、光触媒浄化装置によるウイルス不活化試験が計画されている。本実証試験は、浮遊ウイルスのみを対象としており、今後を踏まえ内装材への展開の予備検討も加えることも一考頂きたい。
- 今後、事業化が近づいてくるにつれ、企業実施者間の情報流通は困難となるはずで、その問題をどのように解決するかが問われると予想する。

<その他の意見>

- ・ 新型インフルエンザに対応すべく、大規模な実空間での検証が追加され、社会情勢を反映した取り組みと言える。
- ・ 研究体制などについて、上手く機能している部分や、課題として浮き彫りになった部分などを整理したうえで、できる限り公開して欲しい。そうした情報は、NEDOのプロジェクトのみならず、国など公的機関が主導するほかの共同研究プロジェクトの運営方法などについて、参考にしてもらえるのではないか。研究成果だけでなく、そのプロセスでも成果についても、積極的な情報公開が求められる。

3) 研究開発成果について

「光触媒共通サイエンスの構築」では Cu/WO₃ 系の可視光光触媒活性が既に当初設定した最終目標を達成し、他の計画内容についても目標に対する遅れ、ブレはない。今までに得られたいくつかの成果は世界最高水準であり、大気浄化、土壌浄化、抗菌・抗ウィルスなどにおける光触媒技術は、既存の技術に対して明らかに優位性を有する。これらの成果は光触媒応用市場の大幅な拡大につながることを期待できる。

特許出願を含む研究発表も十分になされ、一般に向けた発信も積極的に行われている。特に、知的財産保有に関する指針作成は市場形成の観点より評価される。

光触媒機能の標準化の取り組みは、このプロジェクトで得られる技術が狭い企業群の利益だけでなく、広く社会還元される可能性を広げている。

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。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。

<肯定的意見>

- 成果は中間目標値を十分クリアしている。最終目標に向けた課題、取り組み方針も明確に捉えている。酸化チタンの新機能創出にも世界レベルの成果を得ている。
- もともと産業分野拡大を狙った市場拡大からの要請で決められた目標値であり、本プロジェクトの成果は、当然ながら市場の拡大へと直結することが大いに期待される。光触媒分野は我が国が常にリードしてきており、今までに得られたいくつかの成果は、当然ながら、世界最高水準であることは疑う余地もない。大気浄化、土壌浄化、抗菌・抗ウィルスなどにおける光触媒技術は、既存の技術に対して明らかにメリットがあり、優位性を有するものである。
- 最終的に酸化チタン系で目標達成を目指す点に関しては非常に評価できる。
- 中間目標値を大きくクリアした成果も報告されており、全体的な取り組み成果としては、妥当と考えられる。

- 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ように思われるが、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、達成については必ずしも予断を許さないのではないかと思われる。
- Cu/WO₃ 系において得られた可視光光触媒活性は既に当初設定した最終目標を達成している。よって、成果は中間目標値を大きく上回っている。
- それぞれの課題に対して最終目標と共に中間目標も明確化されており、基本的にそれらの中間目標を達成していると判断される。
- 特に“光触媒共通サイエンスの構築”は、PJ の中間において最終目標値をクリアしており、高い評価を与える。他の計画内容についても、目標に対して遅れ、ブレはなく、極めて順調に進行できている。
- 成果は、酸化チタンだけで作られていた光触媒市場の新規市場開発の結果として市場拡大につながることは疑いなく、さらにタンダステンベースの可視光で働く光触媒の技術領域を開拓することが予想できる。
- これらの成果は光触媒応用市場の大幅な拡大につながることを期待できる。
- 取得成果を活用した、日本からの新たな技術領域、市場形成が予測される。
- 知的財産権等の取り扱い、標準化への取り組みについても適切と考えられる。
- 特許出願、論文化も“光触媒共通サイエンスの構築”において着実に進められている。
- 特許申請を含む研究発表も十分なされ、NHK での報道などを含めて、情報発信も十分なされている。
- 成果の発表、一般に向けた発信も積極的に行われている。最終目標の達成が大いに期待できる。
- 光触媒機能の標準化が別途、行われており、これもこの PJ で得られる技術が狭い企業群の利益だけでなく、広く社会還元される可能性を広げている。
- 室内での用途に拡大するうえで、可視光感度の向上は不可欠な条件であり、その成果は市場創造につながる可能性を秘めている。
- 紫外光・可視光利用下での性能の評価など、実験室レベルの基礎的評価では十分に目標を達成できており、今後の実空間での性能向上に大きな期待が持てる。
- 薄膜化などの課題は残るものの、可視光感度が 10 倍となる光触媒材料を創製できている。このほか、新機能の創出や新たな産業分野の確立などで、着実に一定の成果を上げている。

- 大枠の最終目標については、一部で達成しているとみられる部分もある。現状の設定のままであれば、相当部分で課題を達成する可能性がある。

<問題点・改善すべき点>

- “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”、“光触媒新産業分野開拓”において最終目標には、さらに明確な目標提示があったほうがよい。
- 光触媒共通サイエンスの部分では、可視光活性や紫外光活性などの最終目標が数値目標化されていて分かりやすい。ただ、比較対象が必ずしも明記されていない点については、最終評価がしやすいように、できるだけ具体的に明示しておくことが望ましい。また、現時点で可視光活性 10 倍を実現する粉体までは達成しているのであれば、最終時点ではさらに実用化に向け、製品に使用できるような材料として●倍といったような、より具体的な目標を掲げる方が分かりやすい。
- 成果評価において、同じ光触媒間での比較検討が主に行われているが、光触媒利用以外の従来の環境浄化システムとの比較をさらに明確にするとわかりやすい。
- 欧州（CEN）が可視光での国際標準化を検討しており、国際標準化事業へも継続して注力すべきである。
- 中間段階で目標設定をより高い条件に変える際には、最終目標の段階で一定の配慮は必要だと考えられる。例えば、最終目標に到達できなくとも、中間時点で、そのときの最終目標をクリアしているような場合は、評価時にその経緯も踏まえて評価することが望ましい。この点も踏まえたうえで、最終目標としてもう少し、客観的に評価しやすい指標などを取り込むことが望ましい。
- 今までは意欲的な取り組みによっていわば順調以上に進んできたように思われるが、問題はこれからの前進であろう。多くの課題について苦戦も予想される。引き続き、実施者間の風通しをよくして、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。

<その他の意見>

- ・ 知的財産を保護した後、欧米への技術成果の公開、普及を図ることが必要である。

4) 実用化、事業化の見通しについて

プロジェクト参画者すべてが、事業化(実用化)への課題、目標を理解し、シナリオを掲げて取り組んでいると判断される。実用化に向けての課題解決の方針もほぼ明確と考えられ、中間評価までの成果をみれば、参画企業のすべてにおいて実用化できる可能性があり、日本からの新たな技術領域からの市場形成が予測される。

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。また、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。

本プロジェクトで構築された共通サイエンスは、材料設計の一つの指針にもなり得、その成果は、環境関連の事業にとどまらず、広い波及効果が期待できる。また、本プロジェクトを遂行する中で、集中研究室や関連機関において力をつけた人材の育成がなされている。

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。

<肯定的意見>

- プロジェクト参画者すべてが、事業化(実用化)への課題、目標を理解し、シナリオを掲げ取り組んでいる。中間評価までの成果をみれば、参画企業のすべてにおいて実用化できる可能性を強く伺わせた。また酸化チタンの新機能創出でみられた成果も関係分野での実用性を強く感じた。
- 実用化に向けての課題設定は的確である。課題解決の方針もほぼ明確と考えられる。
- 実用化に向けて課題が明確に示されている。また、課題解決の方針も的確であり、それに向けて着々と研究開発が進められている。
- 実用化までの課題と対応策が明確に示されている。
- 産業技術としての見極めという判断基準は、十分、満たしている。実用化する具体的な手法と方向性が明示されている。
- インフルエンザ対策やクリーニング店周辺土壌浄化など、より具体的な対象が明確されていて、事業化の見通しは十分立っている。
- 薄膜化、吸着剤との複合化、酸化チタン系での高感度化という実用化に向けた課題を明確にしている点は評価できる。
- 土壌浄化やウイルス対策などへ効果が確認できれば、社会的に大きな影響を及ぼすし、市場も活性化させる可能性が大きい。
- 本プロジェクトで構築された共通サイエンスは、材料設計の一つの指針にもなり得、他の技術的問題解決への波及効果も期待できる。

- 成果は、環境関連の事業に対する広い波及効果が期待できる。可視光で働く光触媒を用いた新しい事業は、この PJ で想定されている以外にも多くのアイデアに結びつくと予想する。
- 我が国で誕生し、リードしてきた光触媒技術であり、引き続き牽引車の役割を果たすためには、若い人材の育成も重要である。本プロジェクトを遂行する中で、集中研究室や関連機関において力をつけた人材の育成がなされていると判断できる。
- 得られた成果は関連分野へ大きな波及効果（技術的・経済的・社会的）を及ぼすことと期待できる。
- 国際標準化に関する計画、見通しも有している。

<問題点・改善すべき点>

- 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今後検討していく必要がある。
- 国際標準化、国際規格化までの内容に対する言及はなかった。
- 研究開発や人材育成がプロジェクトメンバー内だけでなく、当該分野全体に広がるように期待したい。

<その他の意見>

- ・ 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してほしい。両者の情報をいずれか一方でも欠くと、技術の普及や進歩を妨げる要因になると思われる。
- ・ 国際標準化に関する取り組みの成果（J I S 化・I S O 化）も得られているが、今後、個別報告も必要ではないでしょうか？
- ・ 技術成果を実施者のみでなく第三者へも供与することを検討するとのコメントがあった。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。

2. 個別テーマに関する評価結果

2. 1 光触媒共通サイエンスの構築

反応活性向上に向けた光触媒材料の構造制御、設計指針を確立し、最終目標（可視光活性 10 倍、紫外光活性 2 倍）へも到達する特筆すべき成果をあげた。

可視光応答光触媒の創製では、ナノクラスター酸素多電子還元触媒の利用で、Cu/WO₃系において世界最高水準の量子収率が得られ、最終数値目標をクリアしている。また、酸化チタンの形態制御により、紫外光触媒活性の 2 倍向上を達成している。これらの成果は明らかに世界トップ水準であり、これらの新しい材料が新規光触媒の技術領域を形成するものと期待される。

社会情勢の変化に機敏に対応し、抗ウイルス性能評価方法をいち早く確立し、光触媒の有効性を確認したことも特筆すべき成果である。抗ウイルス性能評価方法の確立は、これだけでも汎用性があり、関連技術開発分野に対する貢献が大きい。

成果の公表普及も適切に遂行され、知的財産保有に関する指針作成も市場形成の観点より評価される。

今後は、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。また、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。

<肯定的意見>

- 中間段階での目標は達しており、最終目標への道筋も見えてきている。抗ウイルス効果を検証するための方法も、簡易な評価法を使えるよう工夫できている。VOC の分解性能についても、VOC の種類ごとにその程度が異なるファクトを把握するなど、光触媒の性能向上に向けた研究成果を重ねている。
- 反応活性向上に向けた構造制御、設計指針を確立し、中間目標をクリアしている。最終目標（可視光活性 10 倍、紫外光活性 2 倍）へも到達する成果をあげ、中間期としては十分すぎる成果をあげている。
- 酸化チタンの形態制御により、紫外光活性の 2 倍向上が達成している。
- 可視光照射下で働く新規な光触媒開発に成功し、さらに最終数値目標をクリアしていることから、高い評価点を与える。
- 可視光応答光触媒の創製に関しては、既に、中間目標を上回り達成している。
- ナノクラスター酸素多電子還元触媒を利用した Cu/WO₃系において可視光下において世界最高水準の量子収率が得られている。

- もう一つの特筆すべき点は、強い社会的要請に基づいて、抗菌・抗ウイルス性能の評価法を確立した点であると考えている。
- 課題設定、材料開発、構造・形態制御、理論計算、評価方法の確立など、各段階で配慮が十分なされており、紫外光利用の水浄化を中心とした従来の光触媒研究からより進んだサイエンスの構築が期待できる。
- 酸化チタン光触媒が誕生して以来、酸化チタンが紫外光のみに応答することがいわば本質的であり、そのことを利用するという視点で、応用も考えられてきたと考えることができる。少しでも可視光域へのレッドシフトを実現するために、禁制帯幅の狭い半導体の利用も試みられたり、遷移金属のドーピングも試みられたものの、いずれも結果としては効果的ではなかった。窒素などのドーピングも検討され、注目を浴びたが、光触媒特性向上については、必ずしも満足のものではなかったと判断している。それに対して、酸化チタンの基礎的物性に関して、そのサイエンスに遡って検討を加え、積極的にその物性を変える視点で、本腰を入れた検討を行ってきているのが本プロジェクトではないかと判断している。そのためには過去の今までの試みについての理論的考察を必要とするが、それらを踏まえなされてきているのはいわば当然と言えよう。その結果、酸化チタンの伝導帯の位置を下げる理論的考察とその実験的実証を行い、また界面電子移動と酸素多電子還元触媒の概念を導入することによる高感度光触媒の創製に至ったことは、特筆すべきことと考えられる。
- 中間目標として掲げられている理論計算による光触媒設計仕様の確立、構造制御に関する原理完成、光触媒活性の評価法確立、知的財産有効利用に関する指針作成もそれぞれ適格に遂行されている。
- 知的財産保有に関する指針作成も市場形成の観点より評価される。
- 特許を含めて、研究成果の発表も十分なされている。
- 成果の公表普及も適切に遂行されている。
- 社会情勢の変化に機敏に対応し、抗ウイルス性能評価方法をいち早く確立し、光触媒の有効性を確認した。
- 安全且つ精度の高い抗ウイルス性能試験法を確立したことは、本分野での利用価値が高く有益である。
- 成果は、世界基準を超え、さらにこの新しい部材が新しい可視光光触媒の技術領域を形成すると予想する。
- 独自に行われた抗ウイルス性能評価方法の確立は、これだけでも汎用性があり、関連技術開発分野に対する貢献が大きい。

<問題点・改善すべき点>

- 最終目標における可視光活性 10 倍を満たす物質に制約を設けないまでも、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の光触媒でその達成を目指すことは、何らかの形で目標として明示した方が望ましいのではないか。新しい物質の場合、長期安全性などに潜むリスクは、簡単に検証することは難しいと思われる。
- 可視光応答光触媒活性を評価する評価方法として、推奨試験が提案されているが、評価尺度についてはわかりにくい。対応した機能別に評価方法が異なることは理解できるが、正確な評価を実施するためには、標準評価方法と評価尺度が必要である。特に、ガス除去では、安全性も考慮し、CO₂ 発生速度又は完全分解到達時間のいずれで評価するかを既定した評価を検討すべきと考える。
- VOCの分解性能の評価においては、既に述べたように現状のシックハウスの問題に対する知見を深め、より妥当なターゲット物質を設定し直すことが望まれる。
- Fe、Cu クラスタによる WO₃ や TiO₂ の大幅な活性向上に関するメカニズム解明をさらに進める必要がある。

<その他の意見>

- ・ 立案した試験法は、早期に国際標準化するなど国益保持に取り組んで頂きたい。
- ・ 社会情勢を柔軟に反映させた、抗ウイルス評価を追加され、積極的に展開されており、今後の展開が楽しみです。

2. 2 光触媒基盤技術の研究開発

「可視光応答高性能光触媒の材料開発」では、集中研究室での研究成果を基に、Cu 修飾技術により中間目標は十分達成していると判断される。特に酸化チタンに代わって酸化タングステンを用いることによって、少なくともラボレベルでの最終目標をも達成していると考えることが出来る。また量産化により製造したサンプルのプロジェクト内への配布は、プロジェクト全体の推進のための強い牽引力となり高く評価したい。

今後の実用化に向けて、可視光応答高性能光触媒によるコーティング液の安定化、低コスト化などの課題が明確になっている。コーティング液の調製では、可視光応答を含めて光触媒活性を保ったままコーティング膜化する技術の開発は容易ならざる課題であろう。また、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。

<肯定的意見>

- 可視光応答型高性能光触媒の材料開発、コーティング技術開発など各企業間での役割分担を明確にして、それぞれの課題で大きな成果が得られている。
- 集中研究室での研究成果を基に、Cu 修飾技術により、中間目標は十分達成していると判断される。特に TiO₂ に代わって WO₃ を用いることによって、少なくともラボレベルでの最終目標をも達成していると考えられる点は高く評価したい。WO₃ は TiO₂ よりも禁制帯幅のやや狭い半導体材料、そのポテンシャルが以前から注目されてきたが、ここにきて WO₃ がそういう材料として実際に機能することが改めて確認された点は価値がある。この標準試料 Cu/WO₃ がプロジェクト参画者へ配布済みとなった点も高く評価したい。
- 材料開発においては、それぞれ中間目標をクリアしており、今後の、実用化に向けての見通しと課題が明確にされている。
- 粉末としての可視光応答光触媒の開発は十分であり、その性能も中間評価をクリアしている。またコーティング液の安定化、低コスト化は課題点も明確である。他の項目の今後の取り組みの key となるので、方針どおり専門家を集め実現を期待したい。
- 高感度化光触媒の開発については最終目標の達成に向けた着実な進展が認められる。さらに、外装用ガラスのさらなる普及のためのコストダウン技術の確立という目標は、市場拡大の近道の一つとして評価できる

- 実用化イメージ・出口イメージが明確になっている。実用化への第一歩としてCu/WO₃の量産化に成功した。概ね全体としての目標が達成されている。
- 低コスト・大面積成膜プロセスは実施者がそれぞれの中間目標をクリアし、最終目標へのみ通しもたてており実用化実現への可能性を大きく伺わせた。
- 光触媒の粉体あるいは分散コーティング液としての製品イメージは明確である。
- 販売開始により、市場の拡大、新しい市場の創造につながる事が予想できる。
- 新しい可視光で働く光触媒の開発成功ならびにその量産化技術の確立は高く評価する。この量産化により製造したサンプルのPJ内への配布は、PJ全体の推進のための強い牽引力となる。

<問題点・改善すべき点>

- コーティング液の調製が問題になるはずで、可視光応答を含めて光触媒活性を保ったままコーティング膜化する技術の開発は容易ならざる課題であろう。特に実用化に耐えうるような光触媒コーティングにおけるCu修飾の方法が大きな課題ではないかと推測している。スパッタやゾル-ゲル法による成膜法の検討も、Cu/WO₃光触媒の検討とうまく結びつけられるかどうか？
- Cu/WO₃の微粒子化技術、コーティング液合成技術の開発を加速する必要がある。
- “湿式・乾式プロセスによる低コスト・大表面積製膜プロセス開発”は、可視光で働く光触媒開発との関連が不明確である。本PJ内での立ち位置が見えない。
- 可視光応答光触媒の活性において、評価する尺度に統一性がなく不明瞭であった。可視光応答光触媒を正しく評価する尺度を定め、統一すること検討して頂きたい。
- WO₃で目標を達成しているが、これに関して、化学的安定性や元素戦略的な視点からすると、酸化チタンに軍配があがるのは自明であり、このあたりについて、最終的にどうするのかについては、追って方針を明確化する必要があろう。
- Cu/WO₃の長期安定性・安全性の確認が必要である。
- 市場に対する数値的・定量的な分析値の提示はなかった。

- なかなか難しい点ではあるが、企業間の連携がさらに深まることを期待する。

<その他の意見>

- ・ 製造工程に関しては、各社のノウハウが含まれるため、今後、知的財産管理が重要になるとと思われる。

2. 3 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

光触媒利用内装部材の開発は、社会のニーズが高い分野の事業化であり、商品化、評価法、実証実験の各ステップを明確にしての研究開発が進められている。

可視光応答光触媒のコーティング剤化の検討、可視光活性発現のための設計指針(吸着剤添加、散乱効率向上添加剤選定等)、内装部材としての商品化課題(成膜性、耐久性、機能維持など)を明らかにし、可視光応答光触媒機能が付与された内装建材開発の展望が示されたことは中間段階として評価される。

実証実験用の住宅の設計と製作ならびにそれを用いた空気浄化実験の遂行まで進行させたは高く評価される。また、計算流体力学モデルを導入したシミュレーションの構築は、光触媒の空間浄化効果を高める上で重要な取り組みである。室外からの紫外線の効果と照明も用いた可視光の効果の組み合わせといったシミュレーションなどに活用し、実証住宅での効果の予想を可能とすることが期待される。

プロジェクトの前半は新規可視光応答光触媒が開発中であり、シミュレーションなどを利用した商品開発、従来型光触媒による評価が主であったが、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。

また、実用化に向けて、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。

<肯定的意見>

- 最終目標は製品化（市場投入）であることが明記されており、目標値も課題も明確化されている。
- 社会のニーズが高い分野の事業化であり、商品化、評価法、実証実験の各ステップを明確化して開発が進められており大きな成果が期待できる。
- 各参加企業がそれぞれの明確な目標を持って研究開発を進めていると判断される。
- 実証実験用の実証住宅設計と製作ならびにそれを用いた空気浄化実験の遂行まで進行させたことを評価する。

- 各実施者が目標達成へ着実に進め、次段階への課題抽出、取り組み指針を認識している。前期はシミュレーションなどを利用した商品開発、従来型光触媒による評価が主であったが、新規可視光応答光触媒が一方で開発中であり十分なアクションであったと判断する。その中で可視光応答光触媒のコーティング材化検討、可視光性能発現のための設計指針(吸着剤添加、散乱効率向上添加材選定等)、内装部材としての商品化課題(成膜性、耐久性、機能維持など)を明らかとし、可視光応答光触媒機能が付与された内装建材開発の展望が示されたことは中間段階として評価したい。
- 課題の明確化、評価法の確立などにおいて成果が得られている。
- 実証住宅を用いて触媒の効果を定量的に把握する手法は説得力が高い。この研究分野は、内装材としての光触媒の展開に向けて、消費者や設計者など技術を利用する人との接点になる部分なので、分かりやすい検証が重要だ。性能を換気性能として評価している点は、性能を分かりやすく伝えるための取り組みの一つとみなせる。
- 実証住宅を利用した実証実験の試みは非常に評価に値する。
- 計算流体力学モデルを導入したシミュレーションの構築は光触媒の空間浄化効果を高める上で非常に重要な取り組みである。

<問題点・改善すべき点>

- 実証住宅を用いて、現行市販の紫外光利用光触媒は可視光(蛍光灯)では有意な効果がないことが検証されたことは評価できる。但し、現在開発中の可視光光触媒の最終目標値(換気効果)の設定は、それを踏まえた目標値として妥当か?
- シミュレーションをもっと活用することにより、実証住宅による実験以前に数値的に効果の予想が可能ではないか? 光触媒の基礎的なデータを持ち込めば、かなりの程度まで数値解析的な対応が可能と思われる。それを実証実験で検証するという形が望ましいと考える。
- 繰り返しになるが、VOCの設定については、昨今のシックハウスのトラブルを踏まえ、実効性のある内容に改めることが望ましい。実証試験では、製品の耐久性を探るような取り組みも求められる。環境性能などが注目を集めるなか、住宅においては開口部の設計も重要なポイントになっている。開口部の活用による紫外線効果と照明も用いた可視光の効果の組み合わせといった取り組みについても、考慮に入れた開発が求められる。
- 集中研究室での研究成果や、光触媒基盤技術の研究開発での進捗に比べ、各企業全体として研究開発の遅れがみられるように感ぜられる。
- 既存の酸化チタン技術との差別化が不十分である。

- 内装材としてのスペックとしてはVOCだけでなく抗ウイルスという観点の方が、一般の消費者などからみたときに、将来の市場性が高いかもしれない。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。
- 新規高感度材料を用いた実用化検討を早急に進める必要がある。
- 生活空間に直結する分野であるので、商品化の最終段階に至るまでには安全面への評価確認は必要になるかと思われる。
- マーケティングに関し更なる工夫が必要である。

<その他の意見>

- ・ 本P Jの商品化で最も期待される応用分野であり、今後の、商品化に向けての取り組みを加速していただきたい。
- ・ 実施者の1機関のみしか詳細説明がなく他4機関の詳細は一覧表でのみであった。実施原簿には優れた成果が記載されており、説明がないことは残念であった。

2. 4 酸化チタンの新機能創出

酸化チタンの撥水性、親水性の制御は、自動車の滑水ガラスなど実用化できそうな用途も多い重要な研究開発課題であり、光誘起相転移性を有する酸化チタンの創製は、記録材料としての可能性を示している。新産業分野を創成する新しい光機能材料の発見は、今後関係分野での大きな波及効果が期待できる。

本プロジェクトの目標とは異なる内容の基礎的な研究におけるこのような成果は、酸化チタンの有用性をいっそう高める点でも意義があり、またこれの実施を判断したプロジェクトリーダーの的確な人選についても評価したい。

<肯定的意見>

- 本PJが持つ明確な目標とは異なる基礎的な研究が、ここでは見事な成果として結実している。中心となる研究開発が、ブレのない安定性を堅持しているからこそ許される柔軟な研究方向が、思わぬ大きな成果の獲得に結びついたという印象である。橋本PLの適切な研究者の人選が重要であったことを指摘しておきたい。
- 酸化チタンの撥水性、親水性の制御は、光触媒の応用範囲を広げるための重要な研究開発課題かと思われるし、これを基礎的検討と地道な実験により順調に進められていることは評価できる。
- 酸化チタンの新機能の創出は、プロジェクト全体の中でも興味深い効果を上げている。自動車の滑水ガラスなど実用化できそうな用途も多い。さらに、光相転移材料の創製の研究では、記録材料としての可能性を示した。実用化を果たせば、画期的なイノベーションとなる可能性を秘めており、今後の研究に期待がかかる。
- 光誘起相転移性を有する酸化チタンの創製は材料開発としては非常に価値ある成果であると判断される。光触媒とは直接的関係はないにしても、今後大いに発展が期待されよう。
- 滑水性、光相転移など酸化チタンの新機能が明らかとなり、世界レベルの技術成果は得られている。今後関係分野での波及効果は大きく期待できる。
- 酸化チタンナノ微粒子に見出した光相転移現象は学術的に非常に面白い成果であり、また、応用においても色んな可能性を秘めている。
- 空気浄化など従来型の環境浄化以外に、表面撥水性・親水性界面の開発及びその動的評価方法の開発、光相転移材料の創製など新産業分野を創成する新しい光機能材料を見出しており、高い成果が得られている。今後の応用展開が期待できる。
- 無機滑水性コーティング技術の開発に成功したことで、新たな応用市場の創出が期待できる。

- 可視光光触媒の開発とは異なるが、酸化チタンの新しい物性・新機能創出に関して、大きな成果が得られつつある。商品化に向けて、取り組みを加速させていただきたい。

<問題点・改善すべき点>

- NEDO 側、あるいは評価側がこのような方向性の異なる研究成果をどのように評価するのか、これはむしろ評価側に向かって発信された課題である。この計画内容で得られたふたつの成果は、本 PJ 中での市場形成、あるいは事業化とはなり難い。
- 「酸化チタンの新機能創出」の課題は、高い能力を有している研究者に対して、いわばピンポイント的に PL から要請をし、採択されたといういきさつから言ってやむを得ないが、光誘起相転移酸化チタンのテーマは、その成果については上述したように、特筆すべきではあるものの、光触媒プロジェクトにおいては、いささか唐突、異質である印象がある。酸化チタンの新機能創出には、本プロジェクトでのサイエンス構築結果を駆使すれば、ITO や FTO に代わる透明導電性膜の開発などの研究開発課題へのとり組みの方が自然ではないかと思われるが。

<その他の意見>

- ・ 本年度の予算配分では、昨年比半減となっていますが、商品化に向けて加速させるためにも予算的には大丈夫でしょうか？

2. 5 光触媒新産業分野開拓

空気浄化への展開については最適な吸引方法の検討や、吸着装置の試作など小型化、高性能化の中間目標が達成されている。土壌浄化技術としての展開では、実際のクリーニング店における実証実験が行われ、データ蓄積が進んでいる。新たな適用として、社会状況変化を反映した新千歳空港における細菌・ウイルス不活性化効果の実証・検証実験においてもすでに具体的な計画と準備が進行している。いずれも強い社会的ニーズに基づく開発課題であり、目標を達成できれば、社会的インパクトが大きく、光触媒産業の大きな拡大が見込まれる。

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。

<肯定的意見>

- 土壌浄化やウイルス対策など、社会の関心が高いテーマと研究テーマは一致している。土壌浄化については、クリーニング店という同問題でも、非常に対策が難しいとされている分野に着目し、改善を図ろうとしている点は評価できる。さらに、土地を使用しながら汚染を浄化する工法は、潜在ニーズも高いと考えられる。
- いずれも強い社会的ニーズに基づく開発課題であり、目標を達成できれば、社会的インパクトが大きく、光触媒産業の大きな拡大が見込まれ得るものと考えられる。
- 土壌汚染は難しい問題である。光触媒によるこの問題への取り組みは非常に大きな挑戦であり、高く評価できる。
- 上記の成果を得たこのテーマ関連の各開発・事業化スケジュールは詳細・綿密に組み立てられており、中間評価時点の時期にここまでの成果をスケジュール化した点を高く評価する。
- 新産業分野開拓の課題は特に光触媒というより、周辺技術の占める割合が大きい、というより、それが主なものと言えよう。そのあたりの技術開発は種々の分野の研究者・技術者の力を集める必要があり、それをコーディネートし、リードする PL の役割が大きいはずであり、実際、橋本 PL が大きな役割を果たしていることがうかがえる。
- 社会情勢の変化に応じて新たにスタートしたインフルエンザ等のウイルスの不活性化研究に関しては実験室のみならず、パブリックスペースでの検証も始め、一定の成果が得られた。

- 濃度の比較的高い VOC や PFC の光触媒処理技術の開発は、従来型の酸化チタンが苦手とするものであり、課題達成はそもそも容易ではない。
- 現段階では、この全く新しい課題に意欲的に取り組んでできていることがうかがわれ、ここまでは順調な進捗と判断される。
- 空気浄化への展開については小型化、高性能化の中間目標が達成されている。
- 既に最適な吸引方法の検討や、吸着装置の試作などに成功し、中間目標を達成した。
- また、新たな適用として、ウイルス不活化実証試験へ取り組みなど時事にあわせた柔軟な対応がなされており、成果に期待したい。
- VOC 除去については、中間目標をほぼクリアしている。除菌ならびに PFC ガス除去については、検討のための準備が整った状況である。
- 土壌浄化技術としての展開では、実際のクリーニング店における実証実験が行われ、データ蓄積が進んでいる。新千歳空港における細菌・ウイルス不活性化効果の実証・検証実験においてもすでに具体的な計画と準備が進行している。これらの成果は、新しい技術領域を開拓するもので、実用化イメージを明確に与える。
- 具体的な商品化に際しては、基礎研究とは異なった視点での開発評価が必要になるが、室内空気浄化や土壌処理など新しい産業分野での商品開発に必要な課題点を明確にして商品開発が進められ、高い評価ができる。さらにはインフルエンザ対策やクリーニング店周辺土壌浄化への応用など社会のニーズに適切に対応した開発研究がなされており、実用化に向けての大きな期待がもてる。
- 光触媒を汚染土壌の浄化に利用しようとするアイデア自身が大きなインパクトである。うまく収集されさえすれば、光触媒がその能力を発揮できるが、頭の使いどころは汚染土壌からの VOC ガスの収集法といういわば周辺技術と考えられる。
- 土壌浄化への適用についても、実証試験を行い、最適な吸引方法の提案がなされ今後の商品化、環境改善への可能性を強く印象受けた。
- 現状では、既存品の評価レベルであるものの、事業化に向けての見通しが明確に示されている。特に、新千歳空港でのウイルス実証に関しては、社会状況変化を反映した取組みであり、期待が大きい。

<問題点・改善すべき点>

- 比較的高濃度の VOC や PFC の光触媒処理技術の開発は上記したように、容易な課題ではないことは確かに理解できるが、それを考慮しても、本課

題の進捗はやや遅れているように思われる。今後の進捗が望まれる。

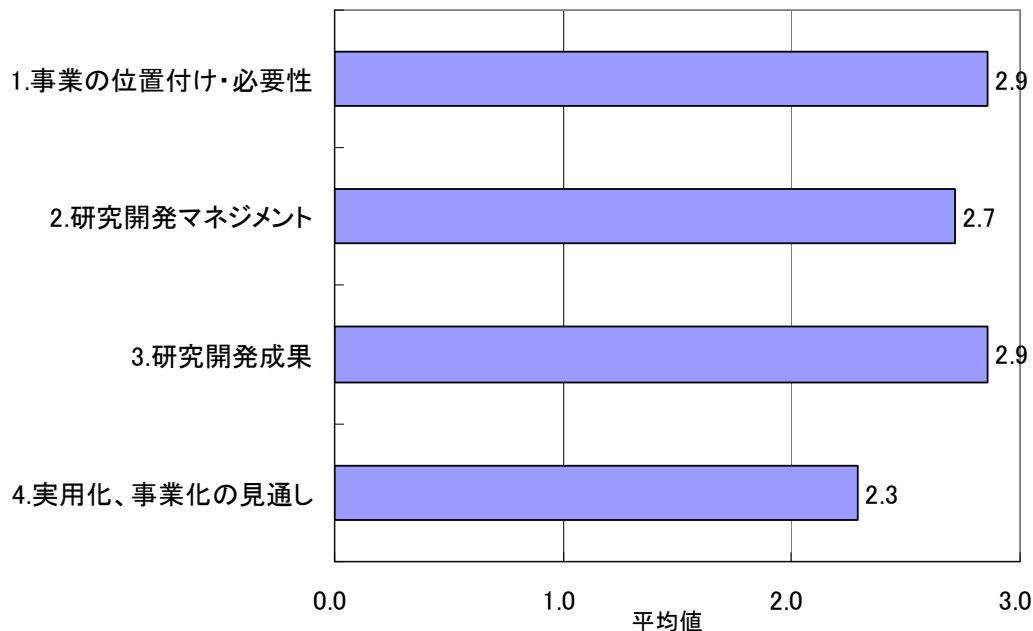
- フロンの分解物について確認する必要がある。
- これらの分野においても、最終的には可視光に応答する光触媒を利用するようになるのか、はっきりとわからない。土壌汚染浄化をみても、最終的には太陽光線にさらして分解することになるので、紫外線応答型の酸化チタンでもいいのかもかもしれないが、高感度可視光応答型が開発されれば、それを用いるに越したことはない。可能なら、このあたりの目標を明確にしてほしい。
- 光触媒によるウィルスの不活性化においては吸着特性に優れた材料との複合化技術などについて検討する必要があると思われる。
- 家庭使用での空気清浄機については、これまでも述べたように対象とする VOC を慎重に選ぶことが求められる。ウィルスの不活性化については、国民の関心が極めて高い部分だ。研究成果については誤解を与えぬよう、適切に国民などに示していくことが求められる。誤った情報などが出回ることによって、性能を伴わない自称「光触媒製品」といったものが増えるリスクを念頭に置いておくことが肝要と思われる。
- 空気清浄機の新規考案実用機のコスト・メンテナンス性は？

<その他の意見>

- ・ 小規模なクリーニング店や工場がもたらした土壌汚染問題は、技術開発だけで解決することが困難だと考えられる。技術開発とともに、公的な助成制度などとセットにした政策的な取り組みも求められてくる。この場合、土壌汚染の問題を低価格で解決する技術が一段と求められることになる。
- ・ ウィルス不活化評価方法に関しては、試験方法の標準化まで提案いただきたい。

3. 評点結果

3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均	素点 (注)						
		A	A	A	A	A	A	B
1.事業の位置付け・必要性	2.9	A	A	A	A	A	A	B
2.研究開発マネジメント	2.7	A	B	A	A	A	B	A
3.研究開発成果	2.9	A	A	A	A	A	B	B
4.実用化、事業化の見通し	2.3	A	A	B	B	B	B	B

(注) A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

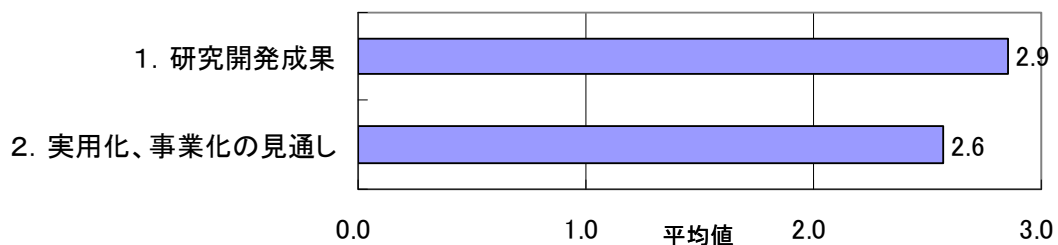
評点順

〈判定基準〉

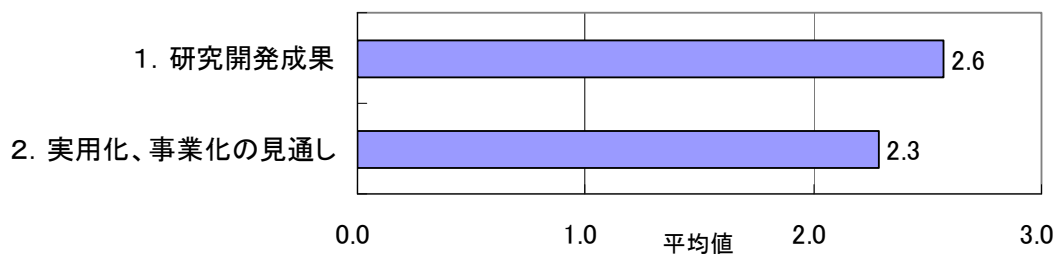
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

3. 2 個別テーマ

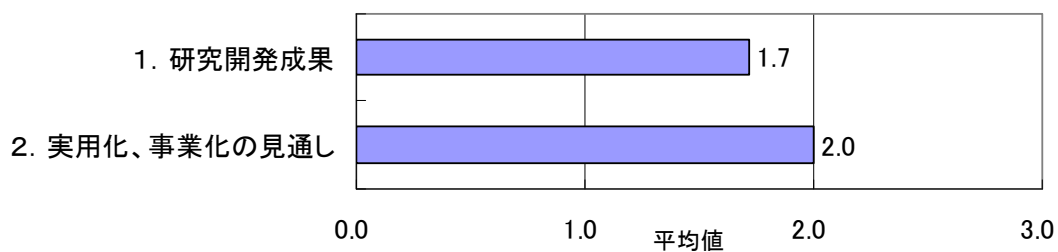
3. 2. 1 光触媒共通サイエンスの構築



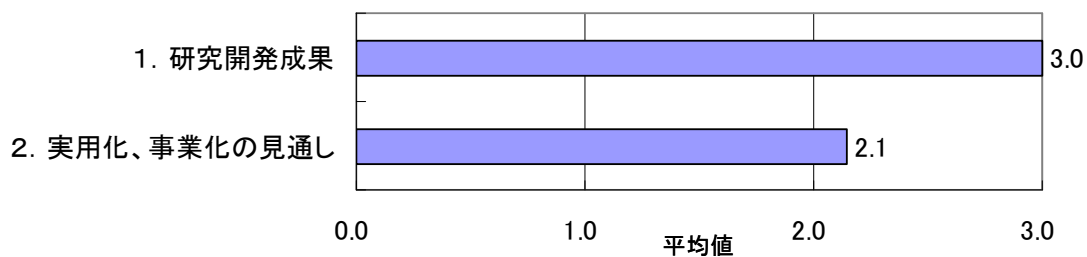
3. 2. 2 光触媒基盤技術の研究開発



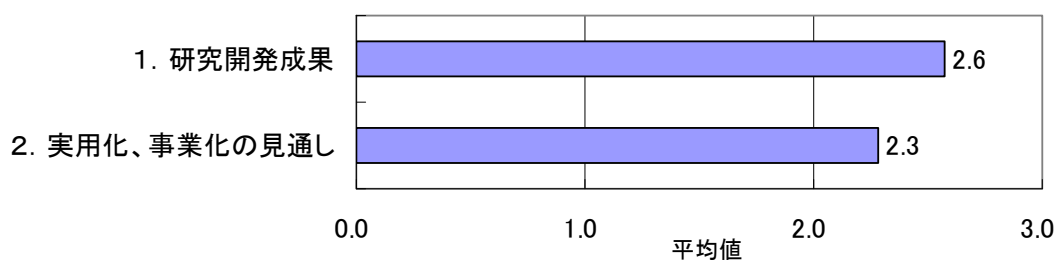
3. 2. 3 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発



3. 2. 4 酸化チタンの新機能創出



3. 2. 5 光触媒新産業分野開拓



個別テーマ名と評価項目	平均	素点 (注)							
3. 2. 1 光触媒共通サイエンスの構築									
研究開発成果について	2.9	A	A	A	A	A	A	A	B
実用化、事業化の見通しについて	2.6	A	A	A	B	B	B	B	A
3. 2. 2 光触媒基盤技術の研究開発									
研究開発成果について	2.6	A	A	A	A	A	B	B	
実用化、事業化の見通しについて	2.3	A	A	B	B	B	B	B	
3. 2. 3 高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発									
研究開発成果について	1.7	A	B	B	A	C	C	C	
実用化、事業化の見通しについて	2.0	A	B	B	A	B	C	C	
3. 2. 4 酸化チタンの新機能創出									
研究開発成果について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	
実用化、事業化の見通しについて	2.1	A	A	B	B	B	B	C	
3. 2. 5 光触媒新産業分野開拓									
研究開発成果について	2.6	A	A	A	A	A	B	C	
実用化、事業化の見通しについて	2.3	A	A	B	B	B	B	B	

(注) A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

順番は、評点順

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

2. 実用化、事業化の見通しについて

- A ・明確
- B ・妥当
- C ・概ね妥当であるが、課題あり
- D ・見通しが不明

第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

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

(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」

事業原簿

【公開版】

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 環境技術開発部
-----	------------------------------------

—目次—

概 要

プロジェクト基本計画

プログラム基本計画

技術戦略マップ(分野別技術ロードマップ)

プロジェクト用語集

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	1
1.1 NEDOが関与することの意義	1
1.2 実施の効果	1
2. 事業の背景・目的・位置づけ	3
2.1 事業の背景	3
2.2 事業の目的・位置づけ	3

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標	6
1.1 事業の目標	6
1.2 研究開発項目毎の詳細な目標	7
2. 事業の計画内容	8
2.1 研究開発の内容	8
2.2 研究開発の実施体制	19
2.3 研究開発の運営管理	19
3. 情勢変化への対応	20

III. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果	22
1.1 事業全体の成果	22
1.2 研究発表・特許等の状況	22
2. 研究開発項目毎の成果	34

IV. 実用化、事業化の見通しについて 75 |

1. 実用化までの課題と対応策	75
1.1 光触媒材料に関する実用化・事業化の見通し	75
1.2 光触媒製品の製造面について	77
1.3 空気浄化システムについて	78
1.4 光触媒内装部材製品について	79

概要

作成日	平成 21 年 7 月 8 日
-----	-----------------

プログラム（又は施策）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	環境技術開発部/間瀬							
0. 事業の概要	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、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もつ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。照明等の室内での可視光でも、同様の効果を発現する光触媒が開発されれば、壁等に塗布することで、エネルギーを要さず、医療機関や老人介護施設等での感染防止、シックハウスの原因物質であるVOCの分解など、安心・安全に資する様々な用途展開が期待される。新産業の創出、安心・安全な空間の創出等政策的に重要なテーマであるものの、大学でのサイエンスにまで遡った技術開発であるため、企業単独では開発リスクを伴うことから、国として支援する必要がある。							
II. 研究開発マネジメントについて								
事業の目標	<p>〔最終目標〕</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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、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。</p> <p>⑤ 光触媒新産業分野開拓 揮発性有機化合物（VOC：Volatile Organic Compound）やフルオロカーボン系ガス（PFC：Perfluoro. 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。</p>							
	事業の計画内容	主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	
	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 (単位：百万円)	会計・勘定	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	総額
	一般会計	974 (実績)	897 (実績)	1,296 (契約)	990 (予定)	1,100 (予定)	5,275
	総予算額	974	897	1,296	990	1,100	5,275
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／助成先	(委託先) ・ 国立大学法人東京大学 (共同実施先) ・ 財団法人神奈川科学技術アカデミー ・ 独立行政法人産業技術総合研究所 ・ 学校法人中部大学 (助成先) ・ 昭和タイタニウム株式会社 ・ 三井化学株式会社 ・ パナソニック電工株式会社 ・ TOTO 株式会社 ・ 日本板硝子株式会社 ・ 三菱樹脂株式会社 ・ 株式会社積水樹脂技術研究所 ・ 株式会社ホクエイ ・ 盛和工業株式会社					
情勢変化への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可視光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した。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。 ・ 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る。空気浄化については、光触媒技術が期待され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。 						

III. 研究開発成果について

- ①光触媒共通サイエンスの構築
 - ・ 国立大学法人東京大学を中心として、高活性な可視光型光触媒材料 (Cu/WO₃、CuO/WO₃、Pd/WO₃) を創製した。
 - ・ WO₃ 系において、従来の材料に比べVOC分解速度で、プロジェクトの目標である10倍以上の可視光活性向上を達成。今後はTiO₂系で同等の活性を目指す。
 - ・ 貴金属助触媒を用いない酸化物の積層構造 (WO₃/ITO/CaFe₂O₄) において、可視光で超親水化する薄膜を開発することができた。
 - ・ 可視光応答型光触媒の性能評価方法 (ガス分解) を確立した。
 - ・ インフルエンザウイルスとQβバクテリオファージについて、どちらもほぼ同等に光触媒反応で効果的に不活化できることを明らかにし、ヒトに感染力がなく評価に使いやすいQβバクテリオファージが、インフルエンザウイルスの代替として光触媒抗ウイルス効果の評価に利用できることがわかった。
 - ・ 知的財産管理指針を作成し、実施した。
- ②光触媒基盤技術の研究開発
 - ・ 高い紫外光活性を有している十面体酸化チタンについて、大スケールで調製する目処がついた。
 - ・ Cu/WO₃ については昭和タイタニウム株式会社にて量産化する体制を整え、プロジェクト参画各社にサンプル提供を行った。
- ③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発
 - ・ 実証住宅を建設し、従来光触媒で室内環境中でのVOC浄化の評価方法確立とその浄化レベルを確認した。
- ④酸化チタンの新機能創出
 - ・ 光誘起相転移を起こす新規な金属酸化物Ti₃O₅ (λ-Ti₃O₅と呼ぶ) を見出した。この材料が安価で安全な酸化チタンのみから構成されていることから、次世代の光記録材料への応用が示唆される。
 - ・ Hf(Zr)-TiO₂ 薄膜は酸化分解活性を発現するものの親水化せず、かつ転落角20度という非常に低い水滴の転落角を示し、紫外光照射下でも水滴の転落性能の維持が達成できた。
- ⑤光触媒新産業分野開拓
 - ・ 光触媒空気清浄機でのVOC除去効果を実証実験現場にて確認中。
 - ・ 光触媒シートを用いたシステムにて、実際の土壌汚染現場で地下VOC濃度変化により除去効果を確認中。

投稿論文(2009年3月まで) 27件 (査読付き)

特許(2009年3月まで) 19件

IV. 実用化、事業化の見通しについて

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

	検討項目	最終目標	課題	コメント(実用化に向けた今後の方策等)
	④酸化チタンの新機能創出	・撥水性酸化チタン膜の技術の確立 ・強磁性等の酸化チタンの新しい物性の探索	・どちらも適用製品を検討し、実用化へのインキュベーションが必要	・無機滑水性コーティング膜の企業による試作とその効果の検証 ・実用化に向けた光記録ディスクの作製と性能評価
	⑤光触媒新産業分野開拓	・VOC(工業用途)の除去システムの構築と効果の検証 ・VOC汚染土壌の浄化システムの構築と効果の確認	・どちらも実証実験の結果から、システムの適用範囲を確認し、それに向けたシステムの完成	・省電力(LED)・低コストを達成し、製品化の目途をたてる ・実証実験により効果を確認し、土壌浄化システムとして適用箇所などを検討する
	<p>1. 光触媒材料について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 世界最高クラスの可視光型光触媒である Cu/WO₃ については量産化技術を確立し、コストも含めた製品化の目処がたつた。今後実証住宅等によって、適した用途を明らかにし、応用製品の開発を進める。 ・ 市販の TiO₂ として最高活性となりうる十面体酸化チタンについて、平成 21 年度にパイロット設備を建設し、サンプルを配布する予定。適用技術開発が進めば、販売量も増加し、安価に提供できるようになると期待している。 <p>2. 空気浄化システムについて</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 光触媒技術を活用した空気浄化技術には、ランニングコストや環境負荷の観点で優位性がある。VOC、菌・ウイルス、PFC ガスなどの除去性能を高めることで、展開できる業種は幅広く存在する。 			
V. 評価に関する事項	中間評価以降	平成 21 年度 中間評価実施 24 年度 事後評価実施予定		
VI. 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		
		21 年 6 月 事業内容の追加等による改訂		

(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

環境技術開発部

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 技術開発機構」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 技術開発機構は、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)

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、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。

⑤ 光触媒新産業分野開拓

揮発性有機化合物 (VOC: Volatile Organic Compound) やフルオロカーボン系ガス (PFC: Perfluoro. 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 技術開発機構が、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 技術開発機構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 技術開発機構が主体となって行うべき基礎・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 技術開発機構は、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。

4. 評価に関する事項

NEDO 技術開発機構は、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 技術開発機構は、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 技術開発機構、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)。

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 技術開発機構は、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 7 号及び第 15 条第 1 項第 9 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 技術開発機構に連絡する。その際に、NEDO 技術開発機構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

平成 19 年 3 月、制定。

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。

平成 21 年 6 月、事業内容の追加等による改訂。

(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ブ型酸化チタンの機能複合化技術の開発やドーブ型酸化チタンの高感度化因子の解明を進め、不純物ドーブ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。

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。

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」

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おこなうことによって、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。

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、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、光触媒の励起源として、照射に加え超音波照射等の励起源を組み合わせて用いることで、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、照射に加え超音波照射等の励起源の複合化技術、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なう。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、光触媒の励起源として、照射に加え超音波照射等の励起源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) 照射と超音波照射等の励起源との複合処理を検討し、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、半導体製造のためのクリーンルームにおける温室効果ガスである PFC ガス除去システムの開発、また、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 や PFC ガス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、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。

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 や PFC ガス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。

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）の一つに指定されていて、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非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を活用し、川上と川下の連携、異業種異分野の連携で行う部材開発に対して支援を行い、燃料電池、ロボット、情報家電、健康・福祉・機器・サービス、環境・エネルギー・機器・サービスの5分野に資するキーデバイスの実現を目指す。

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

2007年度～2011年度

(2) ナノテク・先端部材実用化研究開発(運営費交付金)

概要

新産業創造戦略の趣旨に則り、革新的なナノテクノロジーを活用し、川上と川下の連携、異業種・異分野の連携で行うデバイス化開発の支援を行うため、

ナノテクノロジー活用による材料・部材の高度化を図る先導的研究開発(ステージ)

ナノテクノロジー研究成果の部材等への課題設定型実用化により目指した開発支援(ステージ)

について提案公募を実施する。

技術目標及び達成時期

2010年頃に想定される半導体微細加工の限界を克服するため、分子・原子を1つずつ制御し部品部材に組み上げる「ボトムアップ型」のナノテクノロジーなど革新的なナノテクノロジー等の活用により、情報家電・ロボット、燃料電池等新規産業5分野等において、従来の性能・効率を大幅に改善するナノテク・先端部材技術を開発し、我が

国が優位にあるナノテクノロジーを基盤とした国際的な産業競争力を強化することを目標とする。

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

概要

ナノエレクトロニクスは、ナノテクノロジーの最大の応用領域の一つであり、デジタル・デバイスのCMOS構造というアーキテクチャは、優れた工学概念である。また、これまでの半導体技術の微細化に基づく高集積化・高速化・低消費電力化の追求は、シリコン材料をベースとするプレーナ構造を基本とした微細加工プロセスの高度化にあった。

しかし、さらなる微細化によるデバイスのパフォーマンス向上は物理的限界に直面しつつあり、問題は、FETを、シリコン材料をベースとして作製することにより現出していると考えられる。

そのため、次世代の電子デバイスのために「シリコンで培った微細化技術やデバイス原理をこれまで同様に活用しながら、シリコンという材料の物理的限界を突破するための“新材料”や“新(デバイス)構造”を実現すること」、すなわち、「New Nano Materials/Structure on Silicon for “More Moore”」の半導体技術を、ナノテクノロジーを最大限に活用することによって研究開発を行い、将来の産業応用への目を見出していく取りかかりとする。

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) 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日本が強みを有し、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、今後のIT社会を支えとなることを期待されている分野である。しかし、既存のバルク単結晶基板成長技術やエピタキシャル成長技術では、従来の半導体では実現できない領域で動作可能なハイパワー、超高効率デバイス性能を十分に引き出すには至っていない。

これを突破するため、大学あるいは研究所を拠点に材料メーカー、デバイスメーカー、装置メーカー等が相互連携して、窒化物半導体の結晶欠陥低減技術やナノ構造作製技術等の革新を図り、これらデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減の実現を図る。

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

(3) 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

(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) 次世代高度部材開発評価基盤の開発* (運営費交付金) (再掲)

概要

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。半導体産業分野で、集積回路の消費電力低減に必要な配線形成用各種材料等の開発のネックとなっているナノレベルでの材料間の相互影響を評価可能な統合部材開発支援ツールを開発する。これにより、集積回路の種類やデザインルールに応じて、配線形成用各種材料とプロセスの最適な組み合わせの提案技術(統合的材料ソリューション提案技術)を確立する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、半導体材料開発に貢献する材料評価基盤を構築するとともに、上記の統合的材料ソリューション提案技術を確立する。また、本プロジェクトを通して得られた基礎データ等については、プロジェクト実施期間中にデータを体系的に整理し、幅広く社会に提供を図る。

研究開発期間

2006年度～2008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

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から、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効率よく製造する。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。

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) 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

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り、近接場光の原理・効果を用い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。

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

・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)(再掲)

(深部治療に対応した次世代DDS型治療システムの研究開発事業)

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)(再掲)

(3-1) 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、循環器系疾患等の早期の診断・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

(3-2) 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

・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ック関連産業・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(CFRP)の開発を行う。

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、熱可塑性CFRP加工技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(2) 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。

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

(3) 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

革新的な超電導送電技術を確立するため、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を活用し、実用化のための実証試験及び評価を行う。

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～2011年度

(4) 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示す壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やナノ羽毛状構造およびセラミックス・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。

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10mm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(Low-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

(5) 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

従来の活性炭電極では不可能な高出力かつ高エネルギー密度の電気二重層キャパシタを実現するため、高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、これを用いたキャパシタ電極の開発を行う。

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

(6) 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

従来の金属材料と比べ耐食性、耐久性、加工性などの飛躍的な向上が期待できる超高純度金属材料の発電プラント部材としての実用化を目指し、低コスト・量産化製造プロセス、及び加工・溶接技術等の開発を行い、部材としての実用特性の評価・検証を行う。また、実用化に向けたフィージビリティ調査を行い経済性の評価等を実施するとともに、材料特性に関するデータベースの整備及びそれに必要な試験研究を行う。

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

(7) セラミックリアクター開発(運営費交付金)(再掲)

概要

電気化学的に物質やエネルギーを高効率で変換する次世代型セラミックリアクターの実現のため、低温作動と急速作動停止を可能とする材料の開発とマイクロセルの集積構造化技術等の開発を行う。

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

(8) 高機能チタン合金創製プロセス技術開発プロジェクト(再掲)

概要

大量の電力を必要とする従来のバッチ処理方式のチタン製錬法(クロール法)を、エネルギー効率の高い連続処理方式へ転換する抜本的なプロセス改善のための技術を開発する。また、併せて、成形性の高いチタン合金設計技術及び成形プロセス技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに省エネ型チタン新製錬プロセスの基盤技術を開発し、2010年

までに実用化を目指す。また、本製錬技術により得られるチタンをベースとして、加工性、強度等をさらに向上させた合金設計・成形プロセス技術を確立する。

研究開発期間

2005年度～2008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

希少金属は、特殊用途において希少な機能を発揮する一方で、その希少性・偏在性・代替困難性から、市場メカニズムが必ずしもうまく機能せず、その供給停止は川下の経済成長の制約要因となり得るリスクを伴っている。近年、「コンピュータによる材料設計」、「ナノテクによる微細構造制御」等が飛躍的に向上した結果、従来出来なかった、「コンピュータによる最適制御設計による候補元素系の探索」、「結晶粒界、界面の制御等マイクロ構造の制御」等が可能となりつつあることから、こうした最先端技術を用いることで、希少金属の新たな代替/使用量低減技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、以下希少金属元素の使用原単位について現状と比較して以下の低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できる(試料提供)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を少なくとも維持することを前提とする。

〔対象元素〕	〔使用原単位の低減目標値〕
・透明電極向けインジウム(In)	: 現状から50%以上低減
・希土類磁石向けディスプロシウム(Dy)	: 現状から30%以上低減
・超硬工具向けタングステン(W)	: 現状から30%以上低減

研究開発期間

2007年度～2011年度

() 環境制約の克服

(1) グリーン・サステイ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、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新規なGSC(グリーン・サステイ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、有害な化学物質を大幅に削減、使わない革新的なプロセス及び化学品の開発や廃棄物、副生成物の大幅に削減できる革新的な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) 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、センサー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ー(COセンサー・メタンセンサー)を開発する。

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とメタンのセンサーを開発する。

研究開発期間

2008年度～2011年度

(3) 革新的膜分離技術の開発(再掲)

概要

河川水等の浄水工程における、微量の有害物質、微生物等の除去に係る水処理技術のうち、分離膜方式による高効率(省エネ)な分離技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、ナノテクノロジー等新技术を用いて新素材を開発し、高度な水質制御と高速処理を兼ねた膜ろ過システムを開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(4) 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

(5) 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

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り、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。

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

(6) 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微量有害有機物質を高感度・高選択・安価・迅速に計測するため、分子認識部位として生体分子を用い、有害有機物質の結合の有無・量を直接電気信号に変換するセラミックスセンシング材料(電極材料)を用いたセンサ部材を開発する。

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

・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) 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

(2) 超ハイブリッド部材技術開発 (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) 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(クリープ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。

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

(4) 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ピ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

(5) 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

(6) 次世代光波制御材料・素子化技術* (運営費交付金) (再掲)

概要

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り、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。

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

・ナノテクノロジー・部材分野推進共通基盤領域

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、信頼性、普遍性、安全性等の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

2008年度までに、ナノ粒子のキャラクタリゼーション及び計測技術を確立するとともに、2010年までに、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、ナノ材料のリスク評価指針及びナノ粒子の管理指針の提言を行う。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(2) 高度分析機器開発実用化プロジェクト* (再掲)

概要

燃料電池・情報家電・ナノテクといった先端新産業において、材料解析・性能評価・品質管理等で必要とされる超微量・超低濃度試料の分析技術の開発を行う。これら産業化の各フェーズに適した分析技術を開発することにより、先端新産業の事業化や製品の高付加価値化を図る。

技術目標及び達成時期

2008年度までに希ガスイオン源を搭載した集束イオンビームの開発、低加速・高分解能・高感度の元素分析用顕微鏡の開発、超微量試料用分離・分析技術の開発を行う。

研究開発期間

2006年度～2008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、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・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ところ。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する。

〔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ところ。

〔基準・標準化〕

- ・ナノテクノロジーの標準化については、研究開発プロジェクトを推進する上で、適切な活動（国際規格ISO/IEC、日本工業規格JIS、その他）を実施し、我が国のナノテクノロジー分野の研究開発、産業活動の効率向上を図り、研究開発の成果が社会で普及する環境を整備する意味でも重要である。これまでの主な取組みについては、下記のとおり。
- ・2005年5月にナノテクノロジーの標準化に向けてISO/TC229の設立がされ、「用語と命名法」、「計測とキャラクタリゼーション」、「健康・安全・環境」の3つのWGにおいて、国際標準化の策定に向けて議論が開始された。
- ・また、2007年6月にシンガポールで開催された第5回総会以降、「材料規格」の分科会の設立に向けて対応しているところ。
- ・さらに、2006年9月にはナノテクノロジーに関する電気電子技術の標準化に向けてIEC/TC113が設立され、「用語と命名法」、「計測とキャラクタリゼーション」、「性能評価」の3つのWGにおいて、国際標準化の策定に向けて議論が開始されている。（なお、はISO/TC229とのジョイントWGとなっている。）

〔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。2002年に開催された第1回以降、出展者来場者ともに増加傾向にあり、近年は海外、とくにヨーロッパ・アジア等の出展が目立つようになってきている。

〔社会受容〕

- ・ナノテクノロジーの社会受容に対する取組みは、ナノテクノロジーの産業化を推進するため、例えば工業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など、潜在的な課題に関する知見を蓄積する取組みが重要である。

- ・経済産業省では、2006年度から「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」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。

〔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ところ。

（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。

- ・NEDO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（NEDO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ところ。

〔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」が設置され、関係省庁と連携して実施しているところ。
- ・経済産業省が実施する研究開発プロジェクトにおいては、文部科学省など他省庁との連携の可能性について検討を行い、研究開発プロジェクトの立案、推進しているところ。

（例）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 など

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。

部材分野の技術マップ(8/36)

ID番号	対象部材 (中項目)	対象部材 (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 際研究 開発の 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			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				化学物質・ウイルス等分解建材(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				高性能遮音材						
3-02-34				床衝撃音遮断床材						
3-02-35				内装	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(窓)	侵入防止	超高強度窓材						
3-02-38				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 (大項目)	対象部材 (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 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 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、高濃過効率、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、光触媒表面処理銅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、超精密軽量セパレータ部材

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、システムコンパクト化、低温度動作、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 薄膜化 耐熱性、耐久性、耐食性	電解液(イオン性流体) 高分子配列材料(強靱薄膜) 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	出口(二)		シーズ的指標		
								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)	溶融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 ・高濃度分散 ・デバイスへの複合化技術 ・部材の特徴を最大限に生かしたデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-02		酸化物ガラス	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 ・高濃度分散 ・デバイスへの複合化技術 ・部材の特徴を最大限に生かしたデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-03		酸化物ガラス	蛍光材料	ガラスの中に希土類化合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 ・ナノ構造の制御による高輝度化が容易 ・部材の特徴を生かしたデバイス設計(板材)	○	○	○	○	○
0-3-7-04		酸化物ガラス	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	ゾルゲル法	ゾ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 ・高輝度化 ・コスト削減 ・ゾルゲル法の生産性の向上	○	○	○	○	○
0-3-7-05	省電力照明	Sr ₂ MgSi ₂ O ₇ 系	蓄光材料	ケイ酸系のガラス中に希土類化合物ナノ結晶が析出した蓄光材料	熱処理(分相法を含む)	溶融-熱処理によってμm～nmのサイズの蓄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) ・新規な高性能蓄光材料組成の探索	○	○	○	○	○
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 もしくは助剤、加工方法の探索	○	○	○	○	○
0-3-7-07	光操作素子	BaO-TiO ₂ -GeO ₂ , BaO-TiO ₂ -SiO ₂ 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 ・適切なデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-08		各種酸化物(Ba ₂ TiO ₃ , BO ₃ 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 ・適切なデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-09		フッ化物ガラス、酸化物ガラス	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 ・適切なデバイス作製方法	○	○	○	○	○
0-3-7-10	レーザー発振、高屈折レンズ	BaTi ₂ O ₅	真球ガラス高屈折率	通常の急冷法で作製不能なガラス	浮遊溶融法	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 ₂ -B ₂ O ₃ , TiO ₂ -P ₂ O ₅ 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	溶融-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	・溶融時における結晶前駆体の制御 ・γ晶生成制御による超高密度化 ・超臨界利用による造核剤の微分散化 ・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 ・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 ・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		各種金属酸化物系ナノ粒子	電子デバイス用材料	数ナノnm～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	電子部品用材料	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 ² 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(31/73)

(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					
4-02-26			メンテナンス性の改善	セルフクリーニング(耐汚染性表面処理)	光触媒外装材	長期耐久性光触媒光触媒コーティング材及び中間材の開発																													
						光触媒性能評価方法の標準化						最適コーティング技術の開発						高効率原料製造技術の開発																	
目標						~20%内外 (2003年: 18%)																													
4-02-27			高性能断熱材(壁材)	壁用断熱材	高性能断熱材の開発	超断熱壁材の開発																													
						ノンフロン系断熱材の開発										無機系現場発泡断熱材の開発										磨耗しない無機系断熱材の開発									
4-02-28			高性能断熱材(窓材)	窓用断熱材	高性能断熱材の開発	超断熱窓材の開発																													
						高性能透明断熱材の評価方法の開発										高性能断熱材の評価方法の標準化										モノリシックな窓用断熱材の開発									
4-02-29			高性能蓄熱材	蓄熱粒子	蓄熱材の開発	最適相転移温度化																													
						蓄熱量評価方法の標準化										耐火性付与										蓄熱材封止方法の簡易化・省工程化									
4-02-30			発熱・放熱繊維	衣料用高機能繊維の応用による内装材等	発熱・放熱繊維の開発	衣料用発熱・放熱繊維の建築材料対応技術の開発																													
4-02-31			高反射塗料	低環境負荷高反射率塗料	高反射塗料の開発	防汚性評価方法の標準化																													
						材料設計・インライン塗装技術の開発																													
4-02-32			高性能保水建材	感温ハイドロゲル	保水建材の開発	温度制御性の向上																													
						熱遮へい性の評価方法の標準化										耐環境性の向上										使用環境に合わせた材料最適化技術の開発									
4-02-33	省エネルギー	省エネルギー型環境制御	高性能調湿建材	無機・有機ハイブリッド調湿・VOC吸着内装材	調湿建材の開発	吸放湿試験法																													
						VOC分解物質の探索										250-300g/m2容量の実										蓄熱材との複合化技術開発									
4-02-34			太陽エネルギー制御材料	サーモクロミック材料	太陽エネルギー制御材料の開発	サーモクロミック効果発現温度の最適化																													
						性能評価方法の標準化(波長別)										制御幅の向上(日射透過率変化幅30%)										サーモクロミック塗料の開発									
			調光ミラー	調光ミラー	調光ミラーの開発	繰り返し耐久性の向上																													
						性能評価方法の標準化										耐環境性の向上										湿式法による成膜法の開発									
			エレクトロクロミック材料	エレクトロクロミック材料	エレクトロクロミック材料の開発	可とう性基板への作製																													
						性能評価方法の標準化										調光性能の標準化(製品、試験方法)										貴金属を用いない薄膜材料の開発									

～用語解説集～

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。 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できる。
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: <u>C</u> hemical <u>V</u> apor <u>D</u> eposition)。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。 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	分散系の一種で、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
窒素ドープ型酸化チタン	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

光触媒技術は我が国発祥の技術として第 3 期科学技術基本計画の中で例示されており、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る。現在、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るが、欧米、アジア諸国の技術力向上、市場進出の活発化により、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。

光触媒の飛躍的な特性改善のためには、既存部材の改良に留まらず「学」によるサイエンスに遡った技術開発が必要不可欠である。本プロジェクトでは、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、オールジャパン体制で研究を推進する。また、国内をはじめ世界的な市場に展開するには、「学」のみならず、技術開発成果を実用化する「産」と、技術開発支援、広報活動を行う「官」とが有機的に連携した横通しの研究開発が必要となってくる。産業技術政策及び新エネルギー・省エネルギー政策の中核の実施機関である NEDO が関与し、国家プロジェクトとして産学官連携組織を構築する意義は大きい。また、本プロジェクトの成果は、我が国の高度部材産業の国際競争力の維持・強化を図ると共に、公共性の高い分野（医療機関や老人介護施設等での感染防止、シックハウス症候群の原因物質である VOC の分解等）への応用も期待され、国として支援する意義がある。

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。技術戦略マップでは、「ナノテクノロジー・部材ロードマップ」において、[部材]医療・福祉／安全・安心分野－建築用部材－健康安全用部材、[部材]環境エネルギー分野等－建築用部材－長寿命化用部材、[部材]環境エネルギー分野等－環境負荷低減部材－（光）触媒に対応個所がある。

1. 2 実施の効果

主として外装建築材料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¹⁾。

現在市販されている酸化チタン光触媒、可視光型光触媒では能力的に不足し、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すぎて技術が伴っていないのが現状である。光触媒の効率が上昇し、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に開発成果の普及が進めば、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を十分に持っている。

光触媒関連メーカーへのヒアリングにより、本プロジェクトによって、室内用途拡大、新産業開拓等を達成することで、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。

¹⁾ 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。

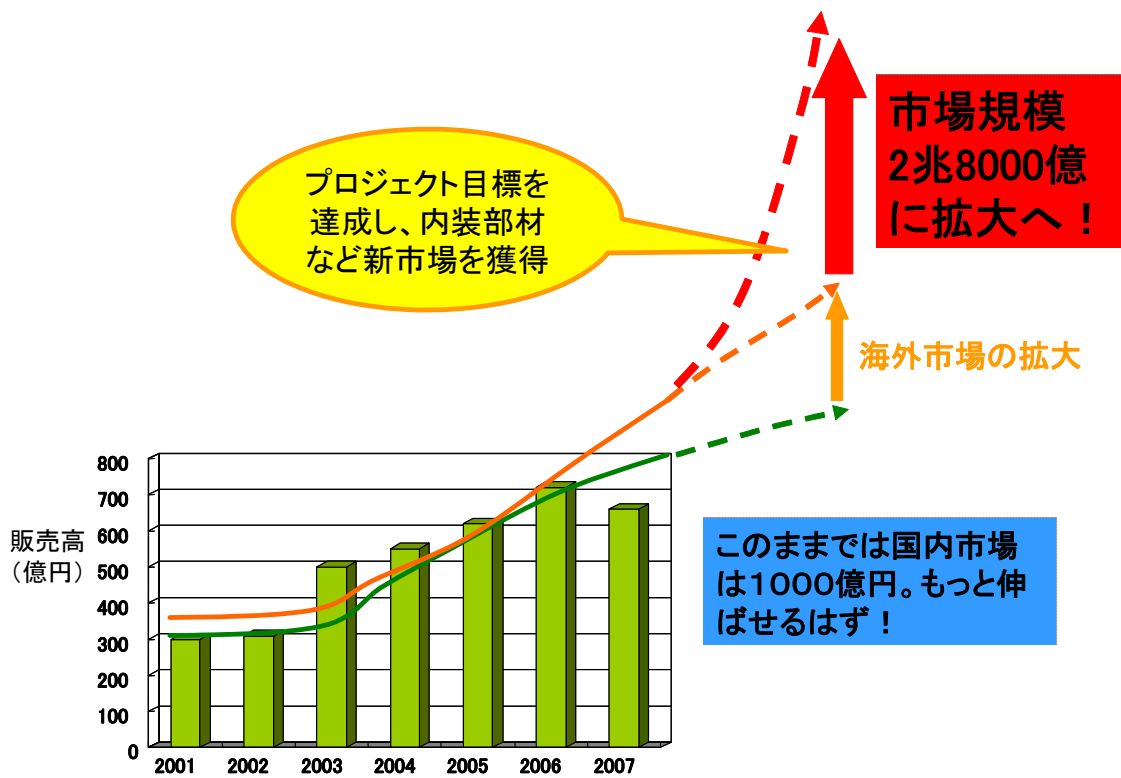


図 1-1 光触媒関連市場の現状と将来見通し



図 1-2 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⁾

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、ガラス、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 3mW/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 $\mu\text{W/cm}^2$ 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にその能力は十分にあるといえる。

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・抗ウイルス、脱臭、防汚などの機能を持たせていると謳ったさまざまな製品が販売され始めている。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 $10\mu\text{W/cm}^2$ 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 $1\mu\text{W/cm}^2$ 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化させた室内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。また、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る。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、それを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出来る。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いたっていない。

2. 2 事業の目的・位置付け

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、浄化技術への応用の促進のため、下記課題を克服することが重要である。

○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。酸化チタンをベースにした可視光応答化と、全く酸化チタンとは異なる光触媒材料活用の2種類のアプローチが考えられる。

従来の可視光型光触媒に比べて効率が10倍上がると室内用途への本格的な展開が可能になるといわれている。

光触媒反応はさまざま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もつと考えられている。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が開発され、フィルターの分解・除去能力の増加が必須である。

○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 μm以下（多くの場合0.1 μm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な課題である。

○市場要因

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することを目指す。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、光触媒の抗ウイルス性への期待は大変に高いものがある。実際、ウイルスが光触媒作用により不活性化するとデータのいくつかの機関により出されている。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、これらの研究の進展も重要な課題である。

また、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、いわゆる「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光触媒が持つ機能について、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である。

²⁾ 参考文献「光触媒の技術ロードマップ作成に関する調査研究」（株）ダイヤリサーチマーテック

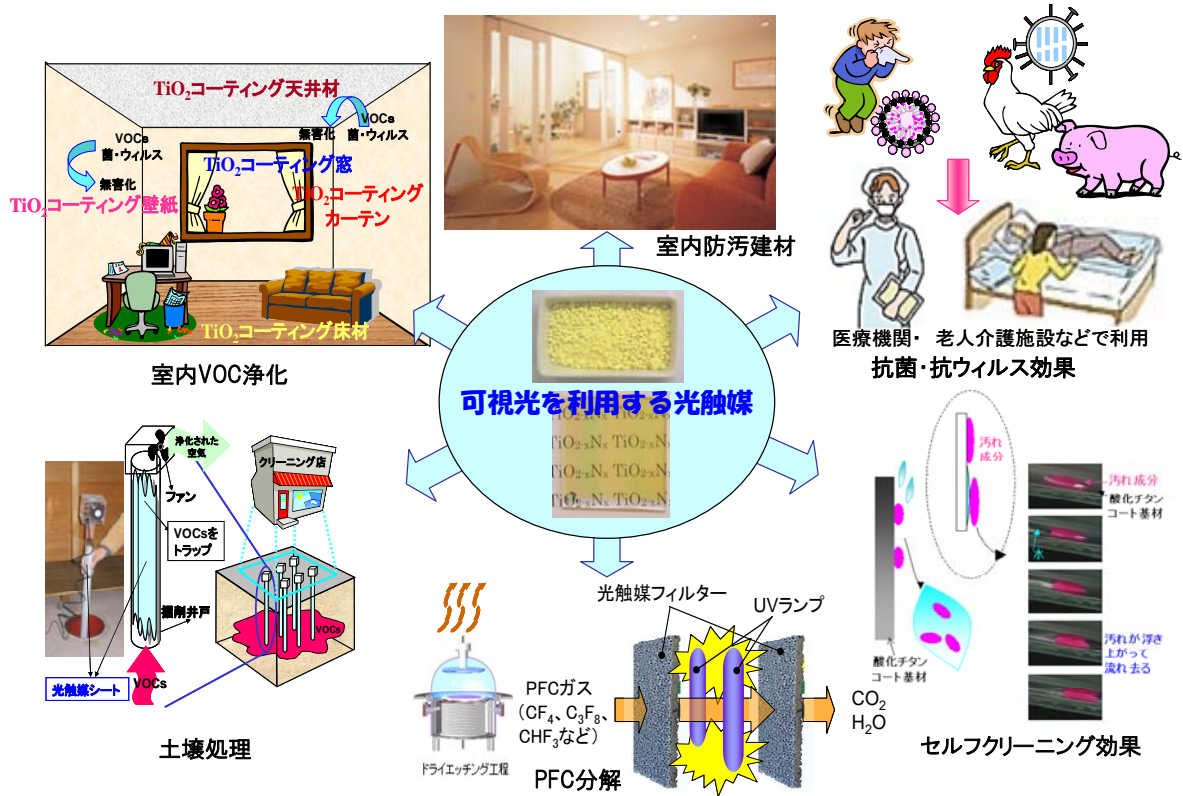


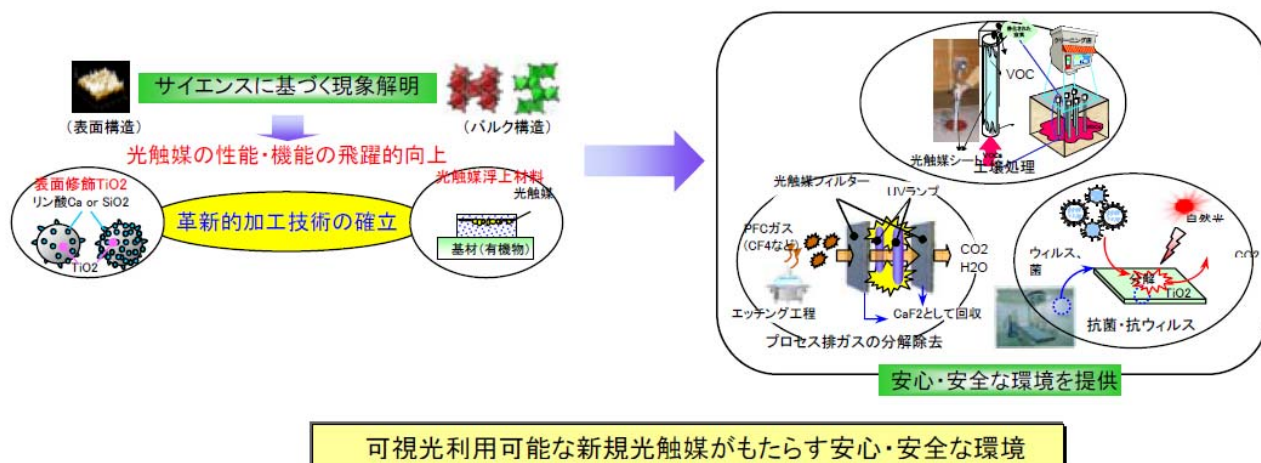
図 2-1 本プロジェクト成果の実用化イメージ

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、土壌処理、PFC 処理／フッ素回収などの環境関連分野等、新しい産業に光触媒を適用するための技術を開発する。



可視光利用可能な新規光触媒がもたらす安心・安全な環境

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、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。

⑤ 光触媒新産業分野開拓

揮発性有機化合物 (VOC : Volatile Organic Compound) やフルオロカーボン系ガス (PFC : Perfluoro. 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「研究開発の内容」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、NO_x)、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「研究開発の内容」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) 光照射と超音波照射等の励起源との複合処理を検討し、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「研究開発の内容」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 や PFC ガス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「研究開発の内容」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
①光触媒共通サイエンスの構築		(51%)	(52%)	(28%)		
	②光触媒基盤技術の研究開発	(8%)	(11%)	(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%)		
	④酸化チタン新機能創出	(7%)	(6%)	(3%)		
	⑤光触媒新産業分野開拓	(7%)	(6%)	(43%)		
人材育成事業		(12%)	(11%)	(9%)		
標準化事業		(3%)	(3%)	(2%)		
予算(百万円)		974	897	1296	990 (予定)	1100 (予定)

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 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。

①-8 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、高ドーパ、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パ型光触媒の高性能化にも適用する。

①-9 薄膜ナノ構造、形態の光触媒特性に及ぼす効果の検討

光触媒薄膜の表面ナノ構造および形態を制御し特性に及ぼす影響を系統的に研究し、支配因子を明らかにする。また、薄膜電子構造および結合状態を制御し特性に及ぼす影響を系統的に研究し、支配因子を明らかにする。

①-10 表面、界面の化合物修飾の光触媒特性に及ぼす効果の検討

光触媒薄膜の表面、界面を化合物により修飾し特性に及ぼす影響を系統的に研究し、高感度化因子を明らかにする。また、高感度化表面、界面修飾層の電子状態、電子授受を解析することにより、光触媒特性の高感度化メカニズムを明らかにする。

①-11 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。

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 Cu^{2+} 担持/ルチル型 TiO_2 可視光型光触媒の知見を基に、 Cu^{2+} 担持/ルチル型 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 TiO_2 に 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、 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) Cu^{2+} 担持/ルチル型 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、 TiO_2 よりも伝導帯位置が低い第2成分を添加したルチル型 TiO_2 に 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) ゾルゲル方式の革新

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

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

○パナソニック電工株式会社

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) 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
- (ii) 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）：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ン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

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関しての比較も行う。

○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実施する。

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製作する。 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的に新機能性を持たせることを目指す。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、PFC ガス等の除去システムの構築

○株式会社ホクエイ

排トルエン濃度 800ppm を 70%除去 (240ppm まで)、処理量 9,000m³/h を処理する装置を開発するための、試験装置を開発する。

○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、CO₂ や NO_x 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)

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。

3) PFC ガス（温室効果ガスの分解除去）

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。

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。

2. 2 研究開発の実施体制

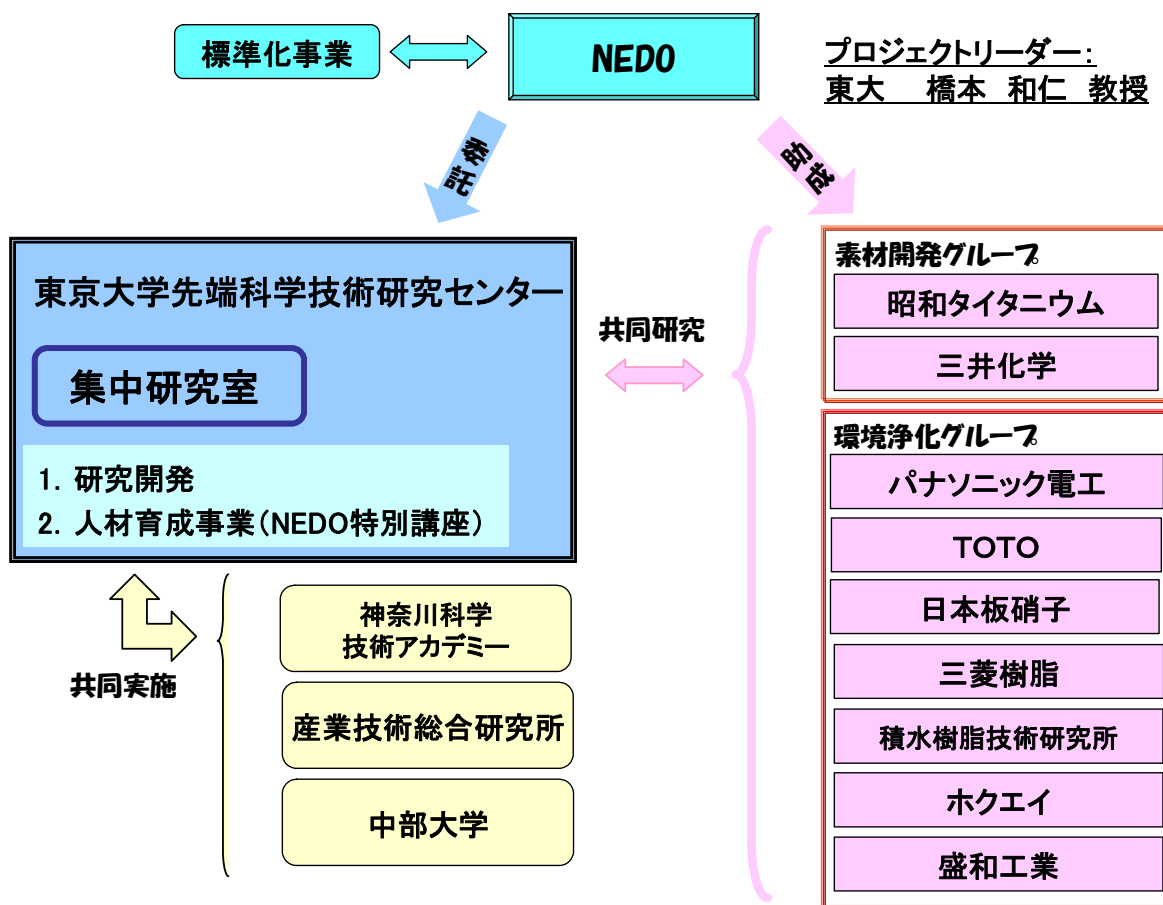


図 2-2 プロジェクト実施体制図

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。

	氏名	所属・役職
委員長	井上 晴夫	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科長 首都大学東京 都市環境学部長
委員	工藤 昭彦	東京理科大学 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	オリンパス（株）新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部 企画G コーディネーター
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

「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

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
： TiO₂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。

(2) 補正予算投入

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^{※1}からパンデミックフェーズであるフェーズ6^{※2}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、光触媒のウィルス除去への有効性に関しては、実験室レベルでウィ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ィルス対策の有効性について検証を始める。

※1 ヒトーヒト感染拡大がある

※2 急速で広範囲にヒトーヒト感染拡大がある

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

①光触媒共通サイエンスの構築

- ・ 国立大学法人東京大学を中心として、高活性な可視光型光触媒材料 (Cu/WO₃、CuO/WO₃、Pd/WO₃) を創製した。
- ・ WO₃系において、従来の材料に比べ VOC 分解速度で、プロジェクトの目標である 10 倍以上の可視光活性向上を達成。今後は TiO₂系で同等の活性を目指す。
- ・ 貴金属助触媒を用いない酸化物の積層構造 (WO₃/ITO/CaFe₂O₄) において、可視光で超親水化する薄膜を開発することができた。
- ・ 可視光応答型光触媒の性能評価方法 (ガス分解) を確立した。
- ・ インフルエンザウィルスと Qβバクテリオファージについて、どちらもほぼ同等に光触媒反応で効果的に不活化できることを明らかにし、ヒトに感染力がなく評価に使いやすい Qβバクテリオファージが、インフルエンザウィルスの代替として光触媒抗ウイルス効果の評価に利用できることがわかった。
- ・ 知的財産管理指針を作成し、実施した。

②光触媒基盤技術の研究開発

- ・ 高い紫外光活性を有している十面体酸化チタンについて、大スケールで調製する目処がたった。
- ・ Cu/WO₃については昭和タイタニウム株式会社にて量産化する体制を整え、プロジェクト参画各社にサンプル提供を行った。

③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発

- ・ 実証住宅を建設し、従来光触媒で室内環境中での VOC 浄化の評価方法確立とその浄化レベルを確認した。

④酸化チタンの新機能創出

- ・ 光誘起相転移を起こす新規な金属酸化物 Ti₃O₅ (λ-Ti₃O₅ と呼ぶ) を見出した。この材料が安価で安全な酸化チタンのみから構成されていることから、次世代の光記録材料への応用が示唆される。
- ・ Hf(Zr)-TiO₂ 薄膜は酸化分解活性を発現するものの親水化せず、かつ転落角 20 度という非常に低い水滴の転落角を示し、紫外光照射下でも水滴の転落性能の維持が達成できた。

⑤光触媒新産業分野開拓

- ・ 光触媒空気清浄機での VOC 除去効果を実証実験現場にて確認中。
- ・ 光触媒シートを用いたシステムにて、実際の土壌汚染現場で地下 VOC 濃度変化により除去効果を確認中。

1. 2 研究発表・特許等の状況

(平成 19 年度)

(1) 研究発表・講演

発表 年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
H19.7.10	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
H19.7.10	第 7 回光触媒研究 討論会	シラン剤修飾を経る窒素ドーブ酸化チタンの合成とその可視光光触媒特性	古南 博
H19.9.17-	第 100 回触媒討	金属イオンとの複合化による可視光応答	西村仁志、横野照尚、千代

21	論会	型ルチル型二酸化チタンの高感度化	谷哲生
H19.9.17-21	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
H19.9.19	2007 年電気化学秋季大会	Au-TiO ₂ 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
H19.9.17-21	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
H19.9.17-21	第 100 回触媒討論会	LTA ゼオライト-TiO ₂ 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
H19.9.19-20	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
H19.9.19-20	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
H19.9.19-20	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 ₂ 新規光触媒の開発	釜井孝晃、横野照尚
H19.11.26-27	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
H19.12.4	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
H19.12.4	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
H19.12.4	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
H20.3.18	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
H20.3.26	日本化学会第 88 春季大会	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、村上直也、横野照尚
H20.3.26	日本化学会第 88 春季大会	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
H20.3.26	日本化学会第 88 春季大会	酸化タング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	佐山和弘・杉原秀樹・柳田真利・荒井健男
H20.3.27	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 他 3 名
H20.3.27	日本化学会第 88 春季大会	環境浄化用の WO ₃ 光触媒における半導体調製条件の最適化	佐山和弘・杉原秀樹・荒井健男他 2 名
H20.3.27	日本化学会第 88 春季大会	CuO/WO ₃ 光触媒による有機物質分解における反応機構の検討	佐山和弘・杉原秀樹・荒井健男他 2 名
H20.3.28-29	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
H20.3.28-29	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
H20.3.31	電気化学会第 75 回大会	硫黄ドーブと Fe ³⁺ 表面修飾による可視光応答型 TiO ₂ ナノチューブ光触媒の開発	藤澤雄一、村上直也、横野照尚
H20.3.31	電気化学会第 75 回大会	Exposed Crystal Surface Controlled of Rutile TiO ₂ Nanorods in the Presence of Polymer from TiCl ₃	Eunyoung Bae、村上直也、横野照尚
H20.3.31	電気化学会第 75 回大会	酸素還元触媒担持 WO ₃ 可視光応答型光触媒	金泳浩、入江寛、橋本和仁
H20.3.31	電気化学会第 75 回大会	Visible light sensitive WO ₃ photocatalyst combined with electrocatalys	橋本和仁・入江寛・金泳浩
H20.3.31	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	橋本和仁・入江寛・三浦脩平

H20.3.31	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	立間徹・高橋幸奈・ 福西美香
H20.3.31	電気化学会 第 75 回大会	環境浄化用酸化タングステン光触媒の最 適化	佐山和弘・杉原秀樹・ 柳田真利・荒井健男他 3 名
H20.3.31	電気化学会 第 75 回大会	酸化タングステン／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
2007/11/22- 26	2007 Korean- Japan Bilateral Symposium on Frontier Photoscience (2007KJFP)	Development of high active TiO ₂ nanotube	T. Ohno
2007/9/24- 27	The 12st International Conference on TiO ₂ 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- 27	The 12st International Conference on TiO ₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications	Development of S-doped TiO ₂ nanotube and site selective Pt loaded TiO ₂ nanotube	T. Ohno, T. Fukahori, K. Nishijima, Y. Fujisawa, N. Murakami, T. Tsubota
H19	J. Ceramic Society of Japan,	Visible-light-induced hydrophilic conversion of an S-doped TiO ₂ thin film and its photocatalytic activity for decomposition of acetaldehyde in gas phase	K. Nishijima, H. Naitoh T. Tsubota, and, T. Ohno
H19	Separation and Purification Technologies,	Photocatalytic Selective Oxidation of Anionic Compounds on TiO ₂ Photocatalysts Modified with Quaternary Ammonium Base Groups	T. Ohno 他 5 名
H19	J. of the Society of Powder Technology, Japan,	Development of visible light sensitive titanium dioxide loaded with Fe ₂ O ₃ nanoparticles and evaluation of their photocatalytic activities	K. Nishijima and T. Ohno
H19	J. of the Ceramics Society of Japan,	Carbon nanotube synthesis in organic liquids by using La ₂ NiO ₄ as catalyst	T. Ohno 他 3 名
H19	Chemical Physics	Incident light dependence for photocatalytic degradation of acetaldehyde and acetic acid on S- doped and N-doped TiO ₂ photocatalysts	B. Ohtani, and T. Ohno 他 5 名
H19	J. Advanced Oxidation Technologies	New method for the synthesis of a photocatalyst by using intercalation of amines in K ₂ Ti ₄ O ₉	T. Tsubota, T. Ohno, Y. Miyazaki, A. Murakoshi
H19	Molten Salts,	Development of visible light sensitive photocatalysts	T. Ohno
H20	International Journal of Photoenergy,	Photocatalytic hydrogen or oxygen evolution from water over S, or N-doped TiO ₂ under visible light	T. Ohno 他 5 名
H20	Applied Catalyses A, General,	Development of a titania nanotube (TNT) loaded site-selectively with Pt nano particles and their photocatalytic activities	T. Ohno 他 5 名

H20	Electrochem	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
H20	Thin Solid Films	Action spectrum analyses of photoinduced superhydrophilicity of titania thin films on glass plates	T. Ohno, B. Ohtani他3名
H20	J.Mater. Chem	Visible light induced superhydrophilicity on single crystalline TiO ₂ nanoparticles and WO ₃ layered thin films	M. Miyauchi
2007/7	会報光触媒、23、54-57(2007).	シラン剤修飾を経る窒素ドーパ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)	硫黄ドーパ可視光応答型酸化チタンナノチューブの光触媒作用	
2007	未来材料	二重励起光音響分光法による酸化チタン光触媒の過渡吸収評価	村上直也、大谷文章、横野照尚
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

(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 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 産業技術総合研究所
H20.2.14	特願 2008-033160	半導体光触媒	独立行政法人 産業技術総合研究所
H20.3.7	特願 2008-057494	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
H20.3.18	特願 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学
H20.3.21	特願 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学、 松下電工株式会社
H20.3.27	特願 2008-083032	酸化タンゲステン管状体およびこれを用いた光触媒	独立行政法人 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 15 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 ₂ and WO ₃ 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 ₃ 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 ₃ photocatalyst under fluorescent- or visible-light irradiation	T. Arai, M. Horiguchi, M. Yanagida, T. Gunji, H. Sugihara, K. Sayama
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 ₃ -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 Superhydrophobic Coatings in Water-Ethanol Mixture	M. Sakai, T. Yanagisawa, A. Nakajima, Y. Kameshima, K. Okada
2009/1/22	Adv. Mater., 21, 1373-1376 (2009).	Site-Selective Deposition of Metal Nanoparticles on Aligned WO ₃ 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 ₃ /ITO/CaFe ₂ O ₄ heterojunction thin film	Z. Liu, M. Miyauchi
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 peroxo titanate acid 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 ₃ forests with a hierarchical	M. Shibuya, M. Miyauchi

		nanostructure	
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 11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).	高性能な酸化タング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
2008/9	産業と環境、9、117-120(2008).	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
2008/9	月刊 JETI 2008年9月号	室内照明で働く高性能な可視光応答性酸化タングステン光触媒	佐山和弘
2008/10	The Chemical Record, 8, 279-290(2008).	Wettability Control of Solid Surface Utilizing Photocatalysis	T.Watanabe, N.Yoshida
2009/2	Yano E plus	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

講演等(国際会議) 38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 ₂ 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 ₂ 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 ₂) 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 th 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 ₂ Nanorods in the Presence of Polymer from TiCl ₃	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 ₂ 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 ₃ 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 ₃ -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 ₂ 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
2008/9/18-	The 15th China-Japan Bilateral	Study on antiviral activity of	Y. Kubota, H. Ishiguro,

21	Symposium on Intelligent Electrophotonic Materials and Molecular Electronics (SIEMME'15)	photocatalytic TiO ₂	R. Nakano, Y. Yao, J. Kajioaka, 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 ₂ 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 ₂ 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 ₂ 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 ₂ 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 ₂ 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 ₂ 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 ₂) 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 ₂	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 ₂ 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 ₂ 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) 51 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 ₃ 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、石黒齊、梶岡実雄、窪田吉信
2008/7/16	第8回光触媒研究討論会	高性能な酸化タング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	酸化タング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
2008/9/17	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グ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原位置汚染土壌浄化方法の検討	桐谷久恵、砂田香矢乃、磯和俊男、横山邦雄、橋本和仁
2008/9/23	第 102 回触媒討論会	酸化タングステン系光触媒による環境浄化反応における各種助触媒の添加効果	堀口真澄、荒井健男、柳田真利、杉原秀樹、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、古南博
2008/9/23-26	第 102 回触媒討論会	チタン酸ナノチューブの水熱処理による TiO ₂ 光触媒の結晶構造制御	釜井孝晃、村上直也、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光触媒の高活性化	佐山和弘、林宏樹、荒井健男、柳田真利、杉原秀樹
2008/9/26	第 102 回触媒討論会	WO ₃ 光触媒を用いた VOC 分解反応における助触媒添加効果ならびに流通型試験における反応性の評価	荒井健男、堀口真澄、柳田真利、杉原秀樹、佐山和弘
2008/10/29	日本学会議第 15 回公開界面シンポジウム「ナノテクによる水と材料界面の新機能創製、超撥水・超滑水・超親水」	超滑水材料の設計と作成	渡部俊也
2008/12/2	第 15 回光触媒シンポジウム	銅化合物および Pd を助触媒とした WO ₃ 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ザウイルスに対する不活化効果	中野竜一、石黒斉、梶岡実雄、藤嶋昭、窪田吉信
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よる抗ファージ効果の検討	石黒斉、中野竜一、梶岡実雄、藤嶋昭、窪田吉信
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指した金属（酸化物）薄膜の作製	陳長川、吉田直哉、渡部俊也
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ス酸化チタン薄のポスト処理による結晶化	柴山優子、尾形純、大崎壽*、吉田直哉、渡部俊也
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タン薄膜	吉田直哉、柴山優子、陳長川、尾形純、渡部俊也
2008/12/2	第 15 回光触媒シンポジウム	スパッタ TiO ₂ 膜の低温結晶化	多賀康訓、山口一憲、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媒活性の検討	縫田知宏、所裕子、角淵由英、橋本和仁、大越慎一
2008/12/2	第 15 回光触媒シンポジウム	Hollow Tungsten Oxide Structures as Highly-active Visible-light-driven Photocatalysts	Z. Zhao、宮内雅浩

2008/12/2	第 15 回光触媒シンポジウム	WO ₃ 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 ₂ , Cu/WO ₃	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 ₃ , Fe(III)/WO ₃ , WC/WO ₃	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 ₃ 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 ₂ -WO ₃ 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
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 ₃ 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 ₃ 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 ₂ -WO ₃ 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

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
H20.4.23	特願 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 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 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 2008-234237	樹状物質およびそれを含む構造体 (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 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、パナソニック電気株式会社
H20.12.4	特願 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 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 2008-325532	無機薄膜及びその製造方法、並びにガラス (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 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 51042	樹状物質およびそれを含む構造体 (優先権主張：H20.4.23 特願 2008-179019) (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 55129	可視光活性を有する光触媒材料およびその製造方法 (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 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 (優先権主張：H20.3.21 特願 2008-073930)	国立大学法人東京大学、パナソニック電気株式会社

他 1 件

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り、高活性な可視光応答光触媒の創製に成功した。本研究は理論的予測にとどまっていた界面電荷移動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、かつ実用レベルの可視光応答光触媒を創製できた点で大きな成果である。また、銅イオン担持系（酸化チタン、酸化タングステン）では、酸素多電子還元触媒の概念を導入したことも、可視光高活性化達成の一因である。また、銅イオン担持状態の解析から銅イオンクラスターとして担持されることが高活性発現に寄与することを明らかにした。また、酸化チタン系の高感度化にも取り組み、鉄イオン担持によって、さらに酸化チタン自身を高結晶化することによって可視光活性が4倍程度向上することを見出した。白金担持酸化タングステンが、可視光下で大きな活性を示すことを見出した。また、酸化鉄が、白金との組み合わせにより活性向上することを見出した。

また、耐塩基性にも優れるタングステン酸ビスマスの作製方法や組成を最適化することによってフレックボール型タングステン酸ビスマスが合成でき、高い可視光活性を示すことを見出した。

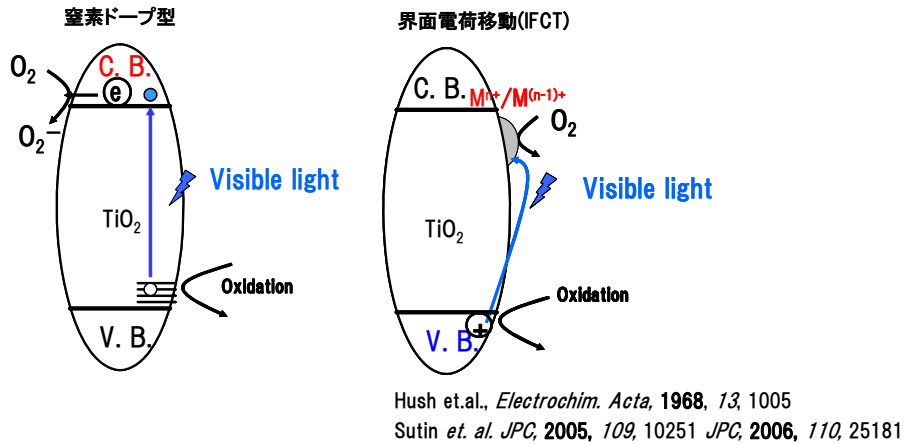


図1-1-1 界面電荷移動吸収 (IFCT) の利用

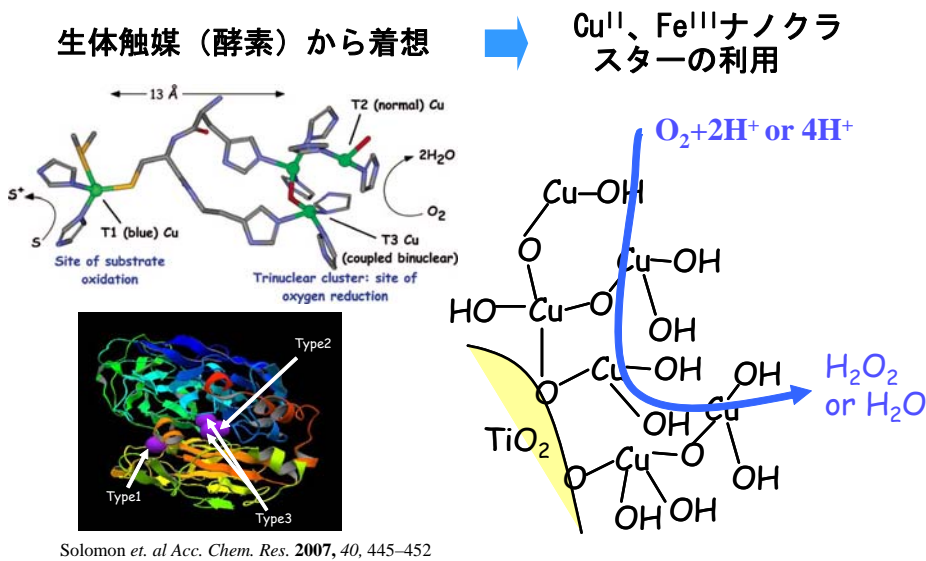
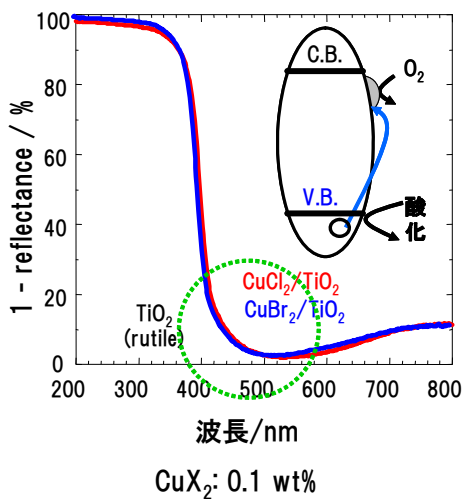


図1-1-2 酸素多電子還元触媒の利用

可視・紫外領域光吸収(拡散反射)



イソプロパノールの光触媒分解

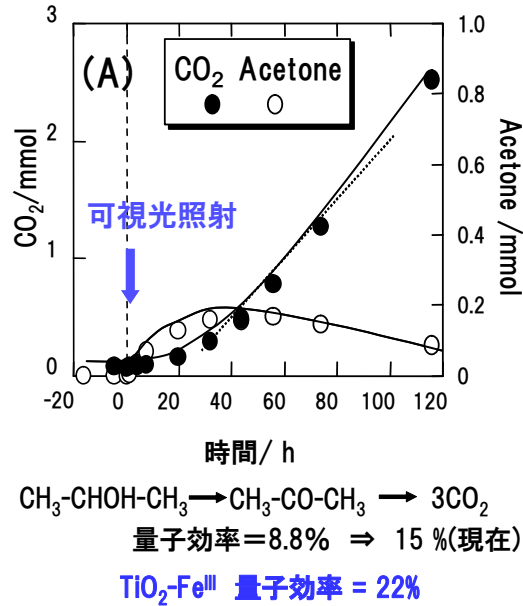
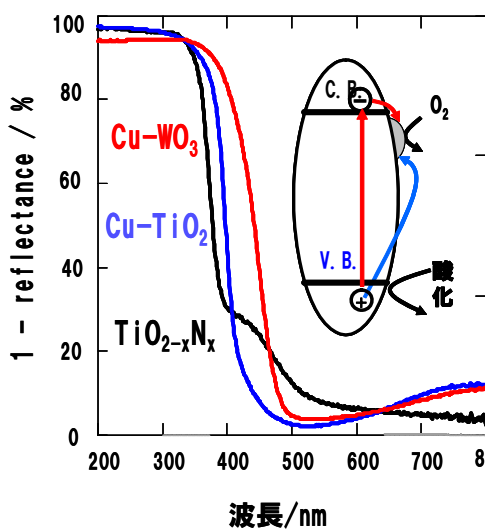


図1-1-3 酸化チタン/Cu²⁺の可視光吸収と光触媒活性

可視・紫外領域光吸収(拡散反射)



イソプロパノールの光触媒分解

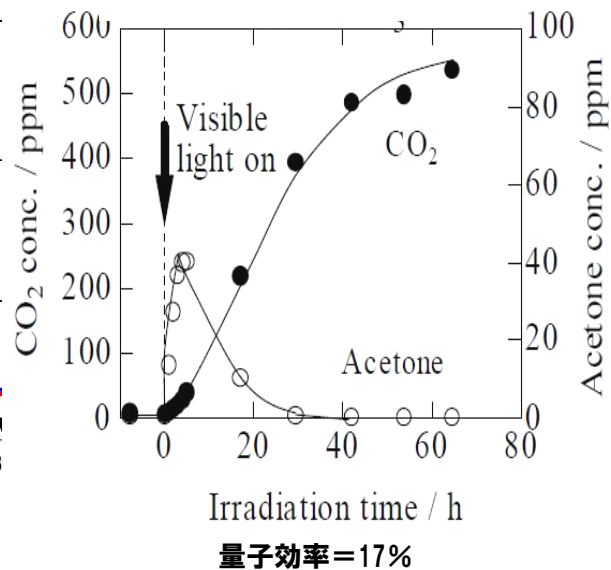


図1-1-4 酸化タングステン/Cu²⁺の可視光吸収と光触媒活性

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

光励起電子が酸素を一電子還元できなくなることから伝導帯制御による酸化チタンの可視光応答化は行なわれてきていない。窒素ドーピングに代表されるアニオンドーピング酸化チタンは価電子帯制御による可視光応答化である。ここでは、酸化チタンにセリウムをドーピングすることにより伝導帯下端を高電位側にシフトすることによって、可視光が吸収でき、かつ多電子酸素還元触媒(白金)を担持することによって可視光活性が発現することを見出した。銅イオン担持酸化チタンの高感度化(可視光吸収量

増加)の目的で、金属イオンドーピングによって酸化チタン伝導帯下端電位を制御する検討を開始した。バナジウム、セリウムなどの金属イオンが可視光の吸収量増加に繋がることを確認した。

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

高感度な可視光応答型光触媒の創製では、単独で可視光を吸収するものの活性を示さない酸化タングステンに、タングステンカーバイドを複合化することにより、酸素の多電子還元反応が進行し高い可視光活性を示すことを見出した。タングステンカーバイドの微粒子化に取り組み、逆ミセル法を用いることによってナノ粒子の合成に成功した。また、酸化銅系助触媒の活性向上メカニズムを解明するため、酸化銅や酸化タングステンの光電極や光触媒膜をそれぞれ作成し、有機物の分解反応機構を電気化学反応としてモデル化することで考察した。酸化タングステンへの光照射によって生じた正孔は有機物を酸化し、電子は酸化銅に捕捉された後に酸素を還元すると推察された。

白金担持酸化タングステンにおいて、貴金属酸素多電子還元触媒である白金使用量の減少やそれに代わる酸素多電子還元触媒を検討した。その結果、銅イオンだけでなく鉄イオンが有効に機能することを見出した。さらに貴金属助触媒を用いない酸化物の積層構造(酸化タングステン/インジウム錫系透明電極/カルシウム鉄酸化物)において、可視光で超親水化する薄膜を開発することができた。一方、白金に代わりパラジウムを用いることによって、その必要量が大幅に低減できる(0.001wt%)ことを見出した。さらに、母体である酸化タングステンの改良にも取り組み、過酸化タングステン酸を用いることで自己組織化により特異的な二次構造が自発的に形成し、光吸収効率が向上した。

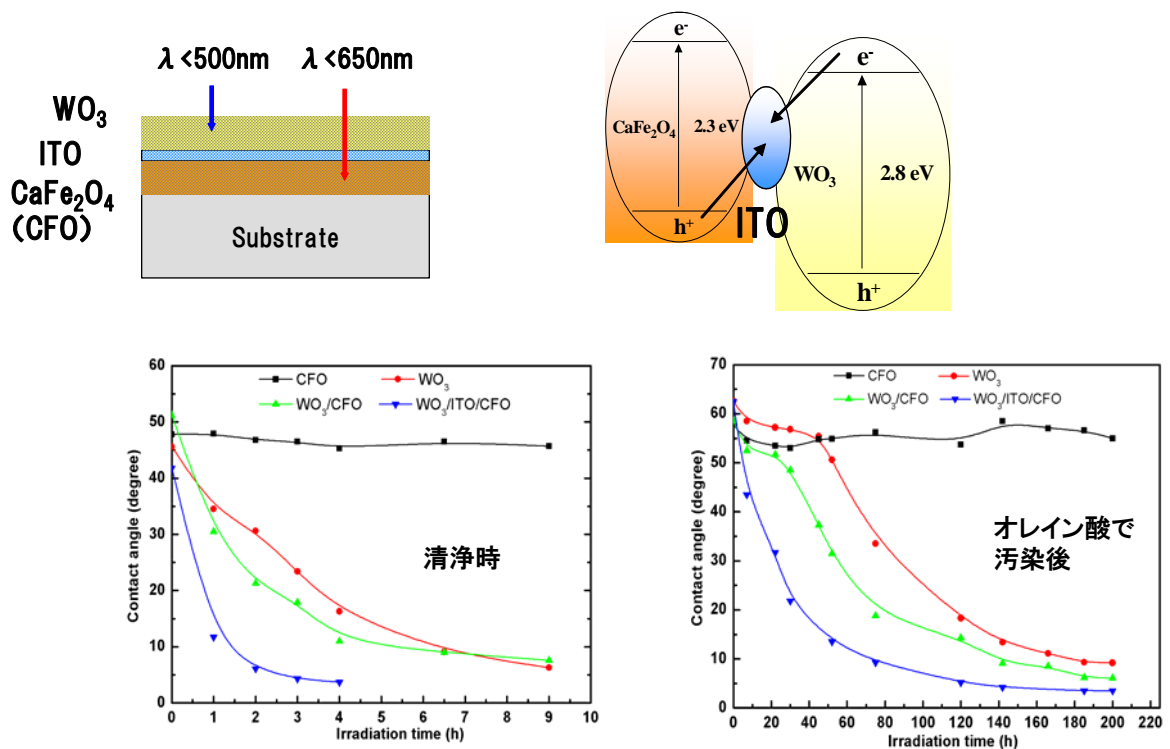


図1-3-1 可視光による超親水化薄膜

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

本プロジェクトで開発された銅イオン担持酸化チタンおよび酸化タングステンに関し、化学発光法によりスーパーオキシドラジカルおよび過酸化水素の定量化に成功した。また、核磁気共鳴法によって銅イオン担持系では銅イオンの反応性(配位構造)が高活性化に重要であることを示唆するデータ

を得た。真空成膜法によりフィルム上に作製した結晶性薄膜の防汚機能発現をメチレンブルー（MB）消色特性により確認した。また、TiO₂膜と基板との間に結晶性NiO薄膜を挿入したTiO₂/NiO構造2層膜によりMB消色特性が3～4倍向上することを見出した。

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

白色蛍光灯の照射で、高度に親水化するアナターゼ型酸化チタンの単結晶微粒子を合成することができた。この微粒子は水系溶媒に安定に分散することができ、簡便なスピコート法等により親水化特性に優れた結晶方向に配向した薄膜とすることが可能となった。

結晶特異格子面を露出させた十面体、八面体アナターゼ粒子の合成に成功した。十面体アナターゼ粒子では市販の P-25 と比較して約 2 倍の活性を示した。また、多面形状のアナターゼ型酸化チタンの光触媒活性を比較することによって、光触媒反応に対する格子面の選択性が明らかとなった。さらに、ルチルナノロッドやブルッカイト微粒子の合成にも成功し、金属イオンを選択的に格子面に担持し反応場分離型光触媒の開発を行った。

1-6 光触媒材料の性能評価試験

空気浄化性能評価試験について JIS 案に基づく流通式測定システムを構築し、そのシステムを用いて可視光照射のもとでの NO_x 除去性能評価を、標準サンプルである HP-CW091 を含む各種可視光応答型光触媒に対して実施した。照度 6000±500Lx の範囲で行ったが、NO_x 除去率にほとんど影響を与えないことが分かった。生成する硝酸イオンの水洗効果を確認した。

空気浄化性能評価試験について JIS 案に基づく流通式測定システムを構築した。新規 VOC 測定方法について、半導体センサー方式に絞込み検討を行った。

1-7 ナノ構造制御による高感度化光触媒の研究開発

可視光応答型窒素ドーパに対し、1)シラン剤修飾によって比表面積4倍、2)遷移金属塩化物担持により可視光吸収量増加、3)助触媒白金担持により電荷分離促進、の3つのアプローチによる可視光活性向上をNO_x除去により確認した。このことから、NO_x除去反応において、大比表面積化と光吸収サイトの追加が有効であることを見出した。さらに、酸化タングステンのナノチューブを合成することに成功した。このナノチューブは市販の酸化タングステンよりも大きな比表面積を持ち、窒素ドーパ酸化チタンよりも5倍、市販の酸化タングステン粒子よりも2倍の可視光活性を発現した。陽極酸化法および水熱合成法により、それぞれ、酸化チタンナノチューブとナノワイヤを合成し、高比表面積化の検討を行った。

酸化チタンナノチューブを様々な方法（陽極酸化法、水熱法）によって合成し、その構造を利用して可視光活性向上を達成した。ナノチューブ構造に起因する入射光の散乱によって可視光吸収量が増加することを見出し、酸化分解活性が向上することを確認した。硫黄ドーパ可視光応答型酸化チタンナノチューブに鉄イオンをナノチューブの内側、外側と位置選択的に担持することにより、反応サイトが分離でき可視光活性約3-5倍を達成した。また、ソルボサーマル法を駆使して酸化チタンと酸化タングステン（33 wt%）をコアシェル複合化することにより、酸化タングステンを削減した可視光応答型光触媒の創製に成功した。さらに、基板に対して高度に配向した樹状の酸化タングステン薄膜を簡便な水熱法で合成することができた。この樹状酸化タングステンの上に金属パラジウム助触媒を位置選択的に担持した薄膜は、可視光の照射で超親水化することが可能であった。

1-8 抗ウイルス・抗菌性能評価方法の確立

光触媒の抗ウイルス作用について、インフルエンザウイルスとQβバクテリオファージを対象としてそれぞれウイルス感染価もしくはプラーク法により評価したところ、光触媒反応により、どちらの

ウイルスについてもほぼ同等に効果的に不活化できることを明らかにした。このことから、ヒトに感染力がなく評価に使いやすいQ β バクテリオファージが、インフルエンザウイルスの代替として利用できることがわかった。また、Q β ファージのプラーク生成能とPCR法による検出に相関性を認め、PCR法の応用が評価方法として有効と考えられた。一方、銀担持酸化チタンは、酸化チタン単独よりも高い抗菌活性が得られることが知られているが、ウイルスを対象としたときはエンハンス効果はなく、銀イオンの抗ウイルス効果は、ほとんどないことが明らかとなった。

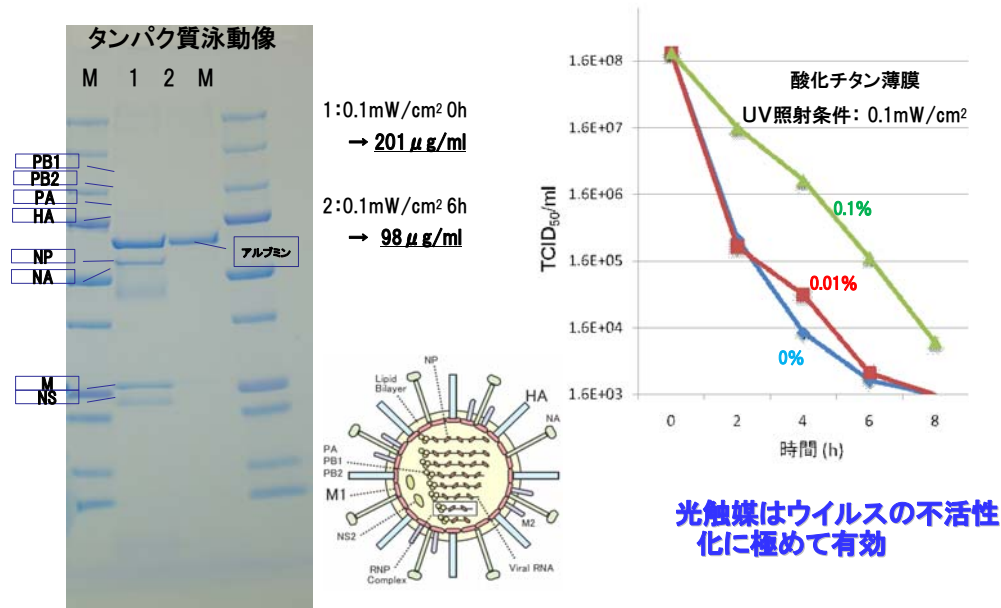


図 1-8-1 抗ウイルス性評価方法の確立と効果の検証

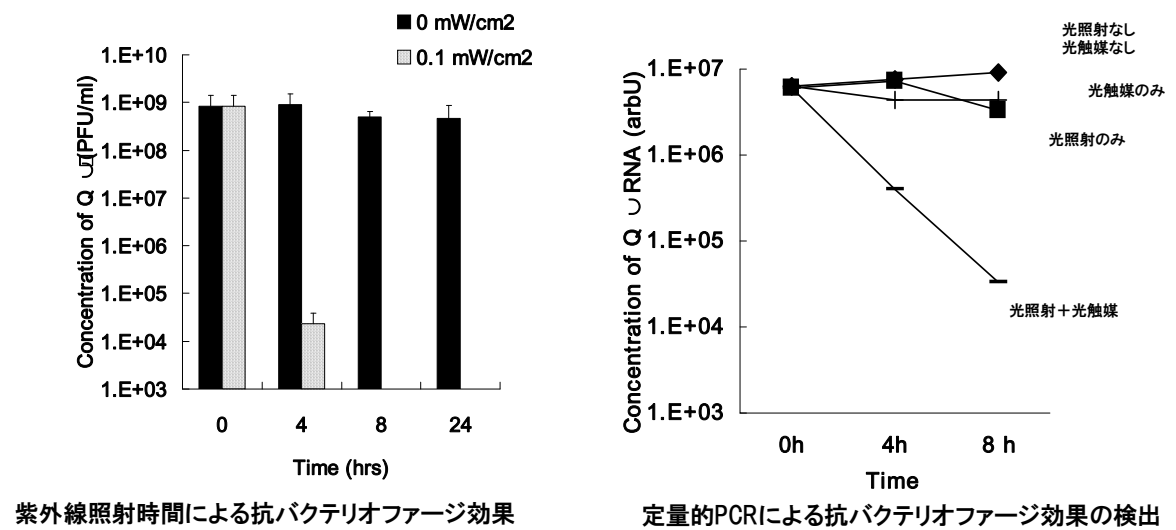


図 1-8-2 バクテリオファージを用いた抗ウイルス効果

1-9 知的財産管理指針の策定

特許をうける権利の帰属
 ・発明者主義により決定する

大学等と企業の共有特許
 ・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
 → この場合の出願費用は企業負担とする

企業の独占的实施
 ・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

上記、知的財産管理指針をもとに『情報管理及び知的財産等に関する契約』を締結

※知的財産取扱規則、発明委員会規則を含む

- ・ 東大は別途機関ごとに共同研究契約、共同実施契約を締結
- ・ その他、下記のような内容についても規定
- ・ 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）
- ・ 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）

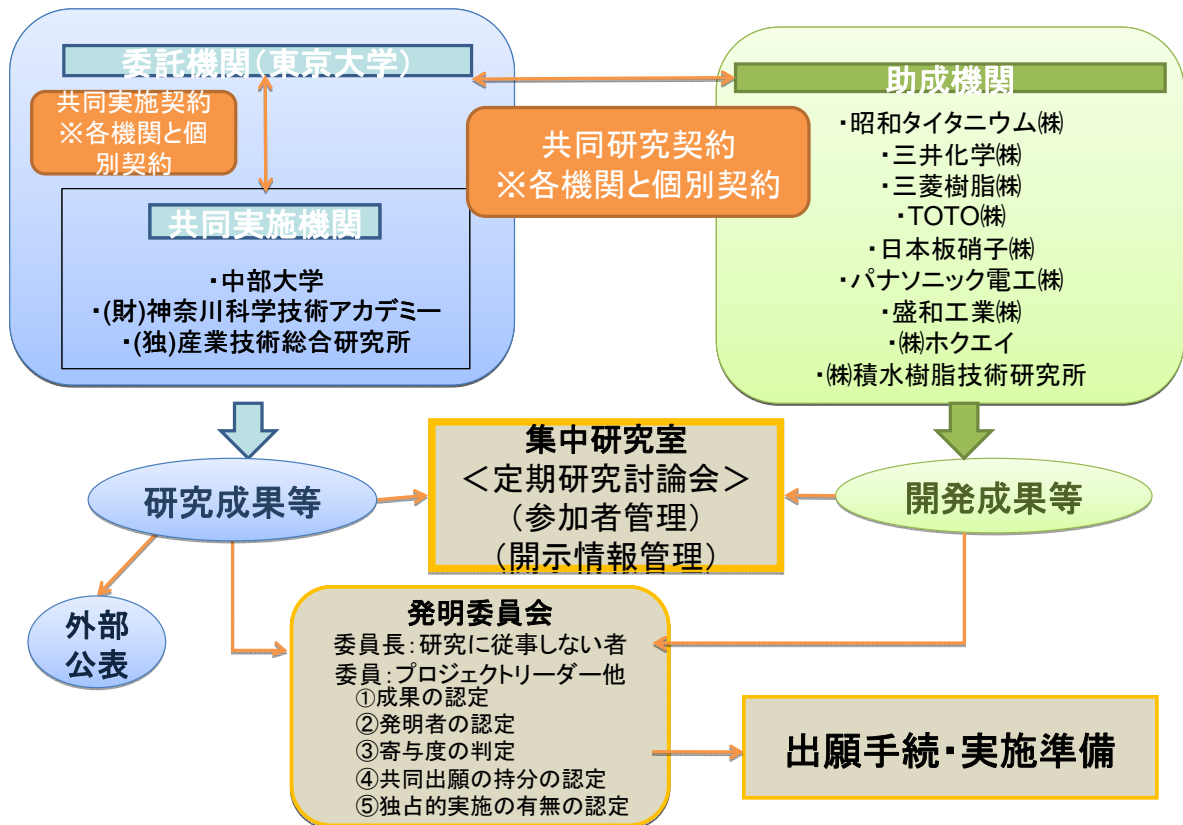


図 1-9-1 知的財産管理フロー

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

2-1-1 光触媒活性評価法の確立と、標準触媒の供給

光触媒活性評価法について、本プロジェクト内で話し合い、アセトアルデヒドの気相分解反応によって発生する CO₂ の定量によって評価することとし、この評価が自社内にて行えるように、設備を整えた。東京大学（集中研究室）と同じ設備を導入し、評価の互換性が得られるように留意した。

光触媒活性評価法は、各研究室や各企業によって、個性がある。そこで、標準触媒を定め、その活性を併記することで、各社の評価結果を相対的に比較することができるようになる。その標準触媒を、提供した。

紫外光型光触媒の標準触媒は、昭和タイタニウム（株）製 FP-6 と決定した。サンプルを 10kg ほど用意し、平成 19 年 10 月に、プロジェクト内に配布した。

可視光型光触媒の標準触媒としては、N ドープ酸化チタンと決定し、既報にしたがって N ドープ酸化チタンを合成した（「HP-N08」と命名）。これを、平成 20 年 10 月に、プロジェクト内に配布した。

2-1-2 新規可視光応答型光触媒の開発

2-1-2-1 Cu/TiO₂ の検討

集中研究室にて、Cu/TiO₂ が可視光応答性を発現することが報告された。昭和タイタニウムにて、種々の酸化チタンを合成し、Cu イオン修飾に適した TiO₂ の探索を行った。その結果、昭和タイタニウムにて合成された酸化チタンをベースとしたものに Cu イオンを修飾することにより、N ドープ酸化チタン「HP-N08」とほぼ同等の可視光活性を有する光触媒を得ることに成功した。

本触媒は、現状では目標に対して活性不十分と認識しており、この成果を足がかりにさらに高感度化の研究を進めていく予定である。

2-1-2-2 Cu/WO₃ の検討

集中研究室にて、Cu/WO₃ が可視光応答性を発現し、しかも、かなり高感度であることが報告された。昭和タイタニウム株式会社では、この触媒系の量産化検討、事業化検討に着手した（平成 20 年 7 月）。

早い段階において、量産化が可能な方法で、高感度の Cu/WO₃ の調製に成功した。さらに、既存のパイロット設備を使用して、10kg/日の生産能力に目処をつけることができた。この設備を使用して、10kg の Cu/WO₃ 触媒を調製し、そのサンプルを「HP-CW091」と命名して、プロジェクト内に配布した。この触媒の可視光活性については、アセトアルデヒドの完全分解到達時間で判断すると、N ドープ酸化チタンよりも 1/6 程度に短縮されており、中間目標である「可視光活性 3 倍」を達成したと判断している。

本触媒系の量産化の目処については、平成 21 年 1 月 28 日の NEDO のプレスリリースにつながる成果であり、昭和タイタニウムとしてプレスリリースにも協力した。

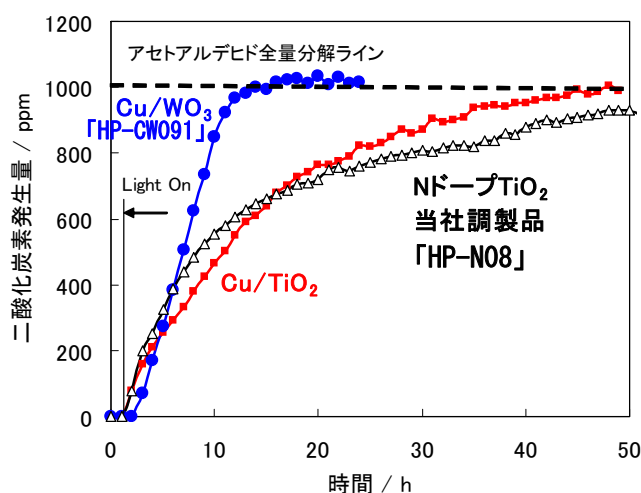


図 2-1-1. 可視光応答型光触媒の活性比較 (アセトアルデヒドの気相分解反応)

- 測定条件
- ・500mL ガラス製チャンバー
 - ・触媒量 0.3g、27mmΦシャーレー (受光面積 約 5.7cm²)
 - ・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°C

2-1-3 十面体酸化チタン微粒子の合成検討

十面体酸化チタン微粒子とは、図 2-1-2 の写真のような形状をした、アナターゼの高結晶性の微粒子である。既存の市販品では、一般に、アナターゼは結晶性が低くアモルファスなどを含んでいることが多い。それに対して、十面体微粒子は、アナターゼの(001)面と(101)面のみから構成されており、非常に結晶性が高い。結晶性が高いことは、格子欠陥が少ないことであり、これは光励起によって分離した電子と正孔の再結合中心が少ないことにつながると考えられる。つまり、光の利用効率が高いことが期待できる。また、(001)面と(101)面という、性質の異なる2つの面が露出していることで、酸化反応と還元反応などのスムーズな進行に有利であると考えられる。十面体酸化チタンは、紫外光活性を高めるためのアイデアであり、市販の酸化チタンの No.1 活性になり得ると考え、検討に着手することとした。

十面体酸化チタン微粒子については、先に北海道大学での研究が報告されており、本プロジェクト開始以前から北海道大学との共同研究を開始していた。

製造方法としては、TiCl₄の気相酸化反応である。通常のリチルやアナターゼの合成に比べ、反応ガス(TiCl₄+O₂)を急加熱-急冷却することで、十面体形状が得られる。北海道大学では、この急激な温度制御を実現するために、赤外線イメージ炉と白金を使用するアイデアを採用し、実際にその装置で、十面体粒子が得られること、さらに、得られた十面体粒子が、水中の酢酸の分解活性において、日本アエロジル社のP-25の2倍の活性を有することを示していた。これについて、量産化検討を行っている。北海道大学が提案した方法に、種々の改良を加え、さらに大型の赤外線イメージ炉を導入して、検討を進めてきた。

検討開始当初、十面体の粒子径は約200nm程度(図2-1-2の写真)、生産性は100mg/hrであった。現在では、粒子径は約70nm(図2-1-4の写真)、生産性は2~4g/hrとなった。生産性の向上については、合成装置を大型化させた効果もあるが、それ以上に、装置を工夫し収率を改善させた効果が大きい。また、光触媒活性についても、最近では、P-25の2倍程度の活性の粒子が定常的に得られるようになった。

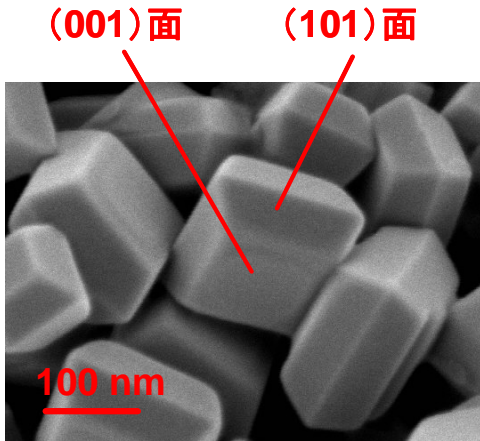


図 2-1-2. 十面体酸化チタン微粒子の SEM 写真
当社での検討開始以前のもの。
粒子径：約 200nm

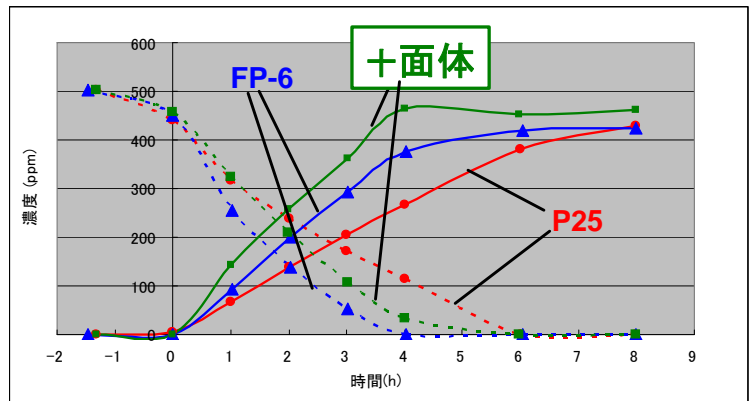


図 2-1-3. 紫外光型光触媒の活性比較
(アセトアルデヒドの気相分解反応)
アセトアルデヒド減少 (点線) と、発生 CO₂×1/2 (実線)
測定条件 ・500mL ガラス製チャンバー
・触媒量 0.3g、27mmΦシャーレー (受光面積 約 5.7cm²)
・光源：キセノン光 0.2mW/cm²(浜松ホトニクス UV メーター)
・初期アセトアルデヒド濃度：500ppm ・相対湿度 50%@25℃

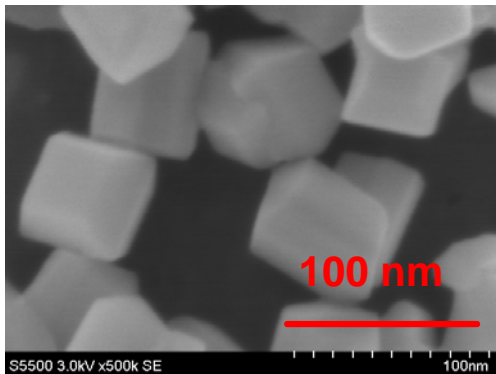


図 2-1-4. 十面体酸化チタン微粒子の SEM 写真
最近、得られているもの。
粒子径：約 70nm

○三井化学株式会社

2-2-1 可視光分解活性評価方法確立

可視光は、紫外光よりエネルギーが小さく、可視光での分解速度は、紫外光よりも小さくなるため、短時間で効率良く評価できる方法と、評価精度の向上が求められる。紫外光分解評価法（平成19年度）を基に改良を行い、可視光分解活性評価法を確立した。可視光分解活性評価フローを図2-2-1に、検討の概要を表2-2-1に示す。

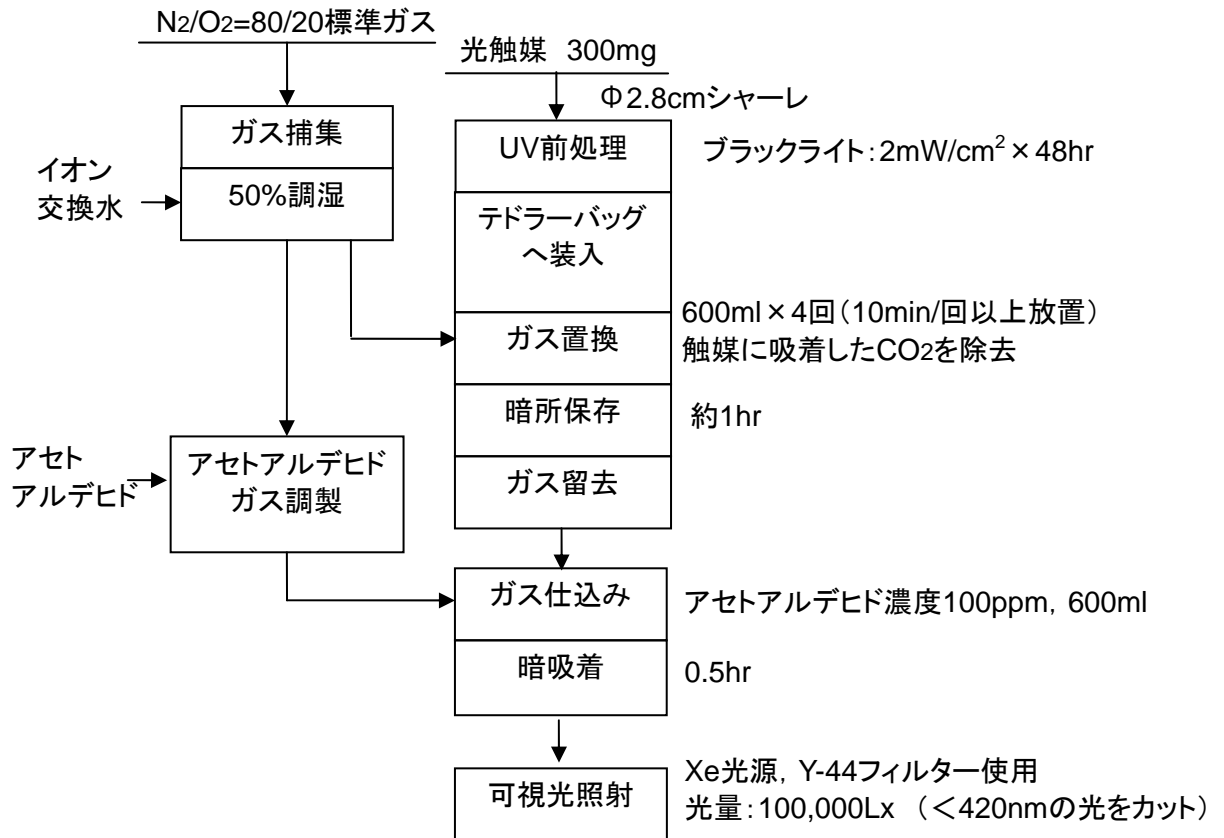


図 2-2-1 可視光分解活性評価フロー

表 2-2-1 可視光分解活性評価方法検討の概要

検討項目	方策	結果
短時間で効率的な評価 法検討	・可視光照度の増大	・測定時間：20hr ・可視光照度は 100,000Lx（所有装置 の最大照度）で分解速度を向上。
評価精度の向上 1) 有機物汚染による CO ₂ 発生の低減 2) 触媒に吸着した CO ₂ の低減	・テドラーバッグの 洗浄 ・ガス置換により CO ₂ 吸着平衡をずら し、CO ₂ を脱着	・テドラーバッグを洗浄し、副生す る CO ₂ を低減した。 ・標準ガスで、ガス置換を 4 回繰り 返すことで、アセトアルデヒド仕 込み後の CO ₂ 濃度を ≤20ppm に低 減。

2-2-2 結晶子径、結晶化度を変えた TiO₂ に Cu²⁺ を担持した触媒の検討

集中研での平成 19 年度のプロジェクト成果であるルチル型 TiO₂ に Cu²⁺ を担持した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 TiO₂ の結晶子径、結晶化度に注目し検討を行った。

検討のため、種々の方法で結晶子径の異なるルチル型 TiO₂ を用意し、Cu²⁺ を TiO₂ に対して 0.1wt% 担持した触媒を調製し、2-2-1 で確立した方法によって、可視光分解活性評価を行い、Cu²⁺ 担持前と担持後、及び、結晶子径と可視光分解活性の関係を調べた。なお、結晶子径は XRD 測定の解析により求め、可視光分解活性は、光照射 20hr の CO₂ 発生量で比較し、プロジェクトの可視光型標準触媒（HP-N08：N-ドープ型 TiO₂）を基準とし比較を行った。結果を図 2-2-2 に示す。

検討の結果、Cu²⁺ 担持で、TiO₂ 単独よりも可視光分解活性は向上し、TiO₂ 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 20～50nm で可視光分解活性が基準触媒の 0.9 倍を示し、活性の向上が認められた。結晶子径の成長と共に結晶化度が高くなる事が高活性化に寄与したものと考えている。

本検討によって、TiO₂ の結晶子径と可視光分解活性の関係を明らかにし、TiO₂ の結晶子径を 20nm 以上に成長させた TiO₂ に Cu²⁺ を担持した触媒は、結晶子径 20nm 未満の物よりも可視光分解活性が向上する事が分かった。

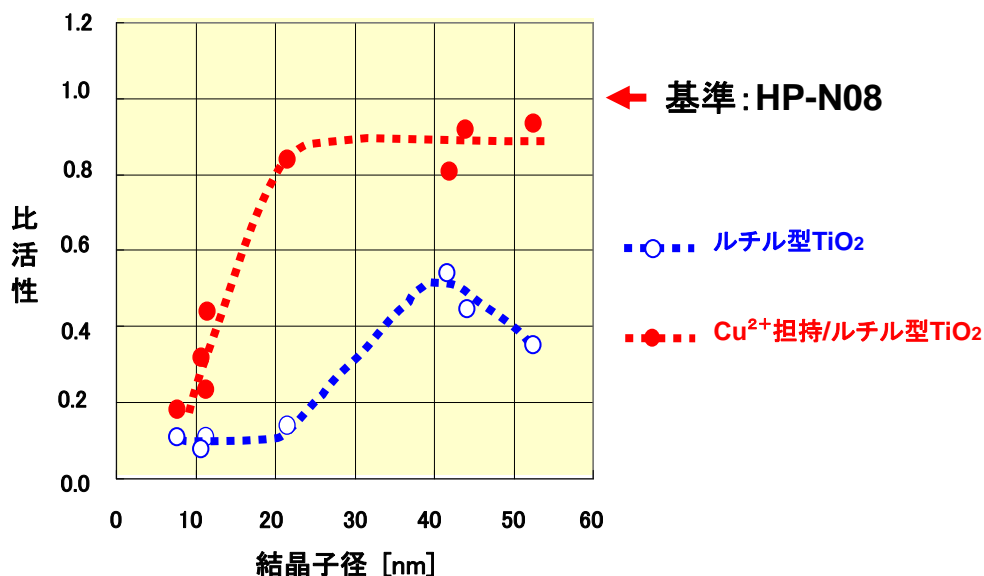


図 2-2-2 Cu²⁺担持/TiO₂触媒の結晶子径と可視光分解活性の関係

2-2-3 第2成分を添加したTiO₂にCu²⁺を担持した触媒の検討

Cu²⁺担持/TiO₂の高活性化の方策として、TiO₂への第2成分添加による活性向上を試みた。TiO₂よりも伝導帯位置が低い第2成分(SnO₂、Nb₂O₅、WO₃、Bi₂O₃、Fe₂O₃など)を添加し、TiO₂の価電子帯と第2成分の伝導帯を使う事が出来れば、バンドギャップを狭める事によって可視光吸収能の増大による高活性化が可能ではないかと考えた。

Cu²⁺担持/第2成分添加TiO₂の調製：

第2成分添加TiO₂は共沈法で調製した。これに、Cu²⁺を第2成分添加TiO₂に対して0.1wt%担持し、Cu²⁺担持/第2成分添加TiO₂を得た。

可視光分解活性評価：

得られた、Cu²⁺担持/第2成分添加TiO₂触媒の可視光分解活性評価を行った。光照射4hr後のCO₂発生量を、第2成分無添加で調製した触媒と比較した。分解活性は可視光型標準触媒：HP-N08を基準(1.0)とし比較を行った。

その結果、第2成分無添加の場合に比べ、Cu²⁺担持/第2成分添加TiO₂の活性は向上し、可視光標準型触媒：HP-N08に対して1.6倍の分解活性を示した。

これは、TiO₂系の光触媒で、白金等の高価な貴金属助触媒を使わず、初めてN-ドープ型TiO₂触媒を上回る高い可視光分解活性を示した触媒である。

○日本板硝子株式会社

2-3-1 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_2 などの原料を含むゾル液を基板上に塗布することである。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・冷却工程が生産性向上のネックとなる現状があり、加熱温度を下げて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、光触媒特性に影響を及ぼす因子を管理しながらの生産ラインスピードアップの検討を行い、安定成膜に対して必要な生産条件（設備改善含む）の見極めができた。

2-3-2 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ため、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 2-3-1 に試験成膜装置における Ar/O_2 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_2 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： $1\text{mW}/\text{cm}^2$ ）照射時の水滴接触角の変化を確認した結果（図 2-3-2）、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。

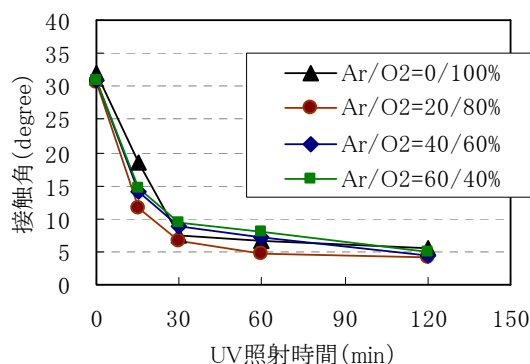
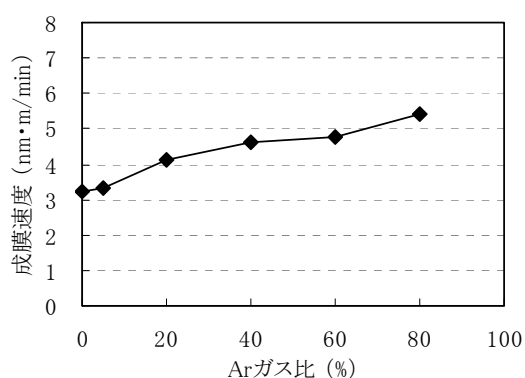


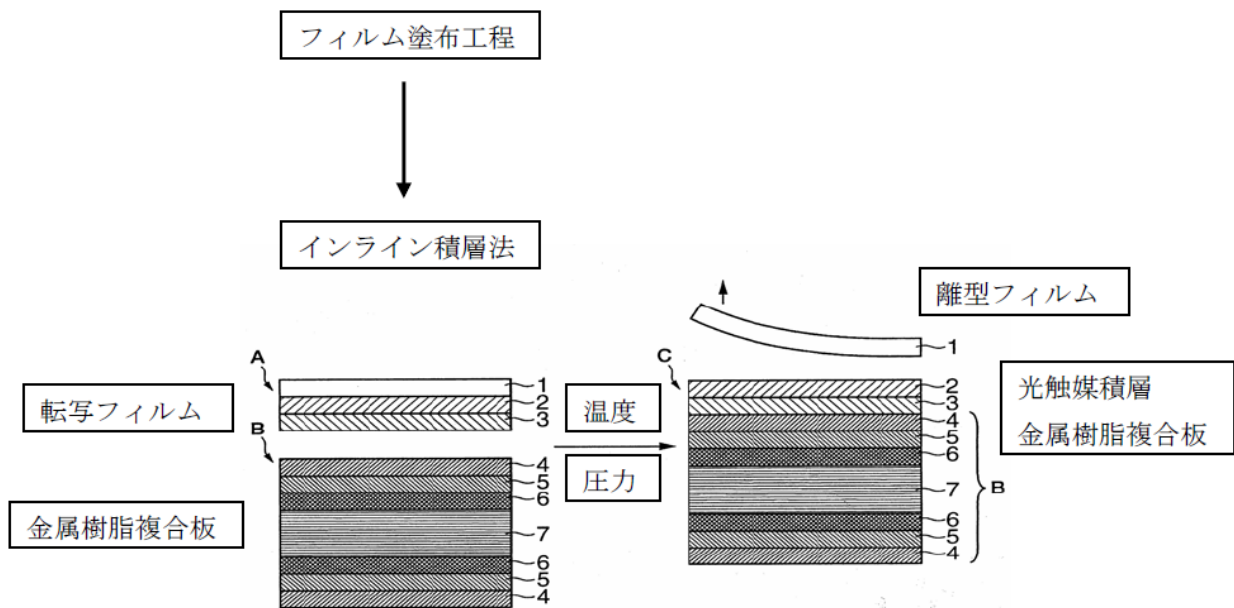
図 2-3-1 Ar ガス比と下地層の成膜速度の関係 図 2-3-2 下地層成膜時の Ar ガス比と親水化性能

一方、新規可視光応答型光触媒の成膜での良好な結晶成長には、成膜時のプロセスガス及びスパッタ粒子の状況把握が非常に重要となり、それらガス等を観測するために四重極質量分析装置（ Q-mass ）を導入した。今後、成膜時のプロセスガスやスパッタ粒子の状態を把握すると共に安定成膜や成膜効率向上に対する要因把握が可能となると考えている。

○三菱樹脂株式会社

2-4-1 大面積光触媒積層法としてのインラインプロセスの適合性

光触媒積層金属樹脂複合板製造のインラインプロセス概要を以下に示す。



当該プロセスを、外装用金属樹脂複合板（紫外応答型光触媒）に適用して、施工物件対応で実施中である。また、内装用金属樹脂複合板（可視光応答型光触媒）に応用して、当該プロセスへの適合性を確認できた。本プロジェクトの成果材料についても、塗布液化が完成すれば基本的に応用できると考えている。本検討を進めるに当たり、20年度予算で転写テスト設備を導入し活用中である。

2-4-2 プロセス短縮化 2層同時塗布の検討

従来技術として、膜を傾斜構造としての1コート化がある。

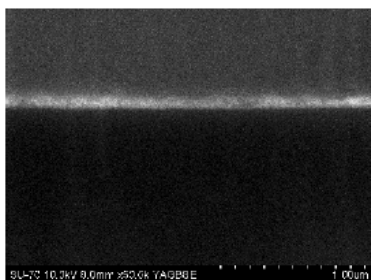
- 1) 宇部日東化成 中間層と光触媒層の傾斜構造 膜厚 60nm
- 2) 旭化成ケミカルズ 界面活性剤の添加により1コート化。バルーン効果により光触媒層を膜の最表面に形成する。

上記の方法は、光触媒層の膜厚が薄く活性が低いという問題点がある。

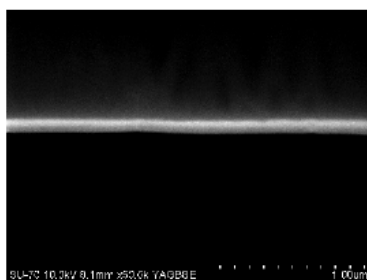
本検討では、中間層・光触媒層を2層同時に塗布する事で従来の逐次2層塗布と同様の構成で各々の膜の機能 有機膜への接着耐久性及び光触媒活性を低下がない事を目標とした。即ちインラインプロセスの短縮化として、光触媒層・中間層の転写フィルムへの塗布を従来の逐次2層塗布から同時2層塗布への可能性について検討した。

光触媒層単層 中間層単層 逐次2層塗布の膜断面SEM写真及びX線ライン分析の結果を示す。

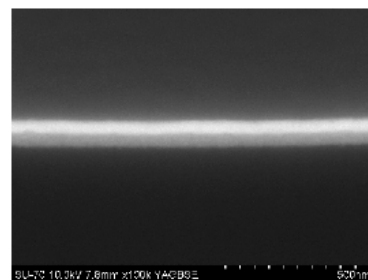
膜断面SEM写真



光触媒層



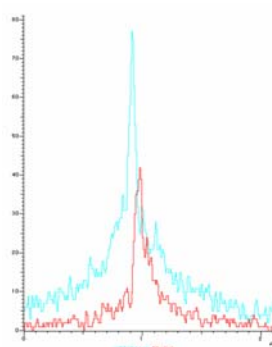
中間層



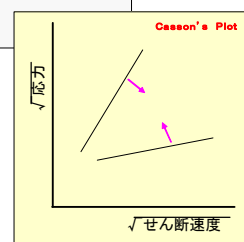
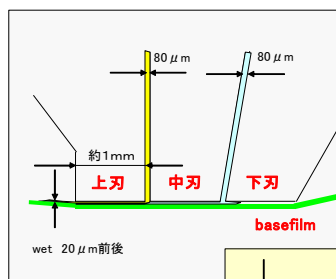
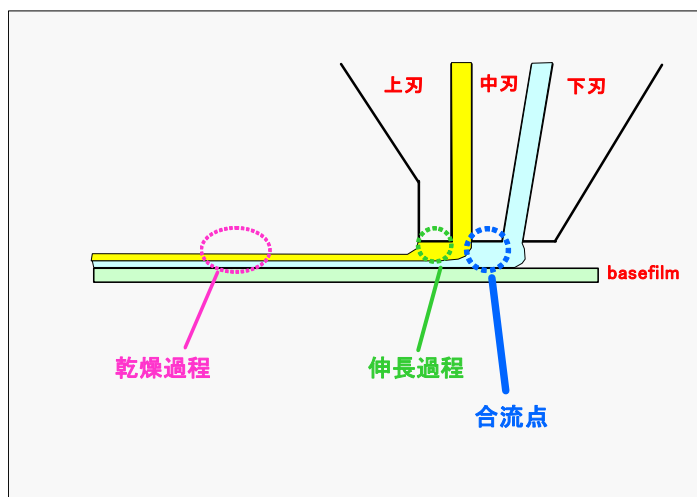
逐次2層塗布

逐次2層塗布X線ライン分析

逐次2層塗布では、光触媒層と中間層が明瞭に2層に分離している事を示している



19年度に導入した2層同時塗布装置を使用して基材（PETフィルム）への塗工を行い、可能性について検討を行った。問題点としては以下の通りである。



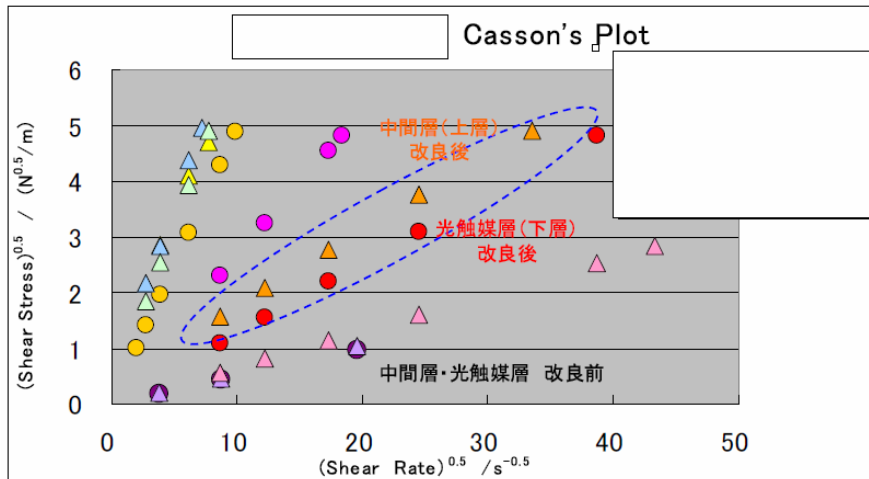
- 1) 2液の合流点 2液の相性が悪いと下層に上層が乗って均一に拡がろうとしない
- 2) 伸長過程
 - ・上層が急激に引き伸ばされる（上層We t膜厚の急激な薄膜化）
 - ・下層粘度が上層粘度に対して低すぎると、伸長部で粘度の高い上層を下層が引き伸ばすことが出来ず、2層が均一にならない。
 - ・Casson, s Plot で2液の傾きを近づける事により、2液が層流となる。
- 3) 乾燥過程
 - ・2液の相性が悪いと、上層が面内収縮し下層面が現れることがある。主として界面張力の差と思われる。下層の粘性が低すぎて上層の収縮を抑えきれない。
 - ・溶剤が下層から上層中へ拡散移動の際、下層成分が上層に流入し混合

- する
- ・ 2層液の対流混合

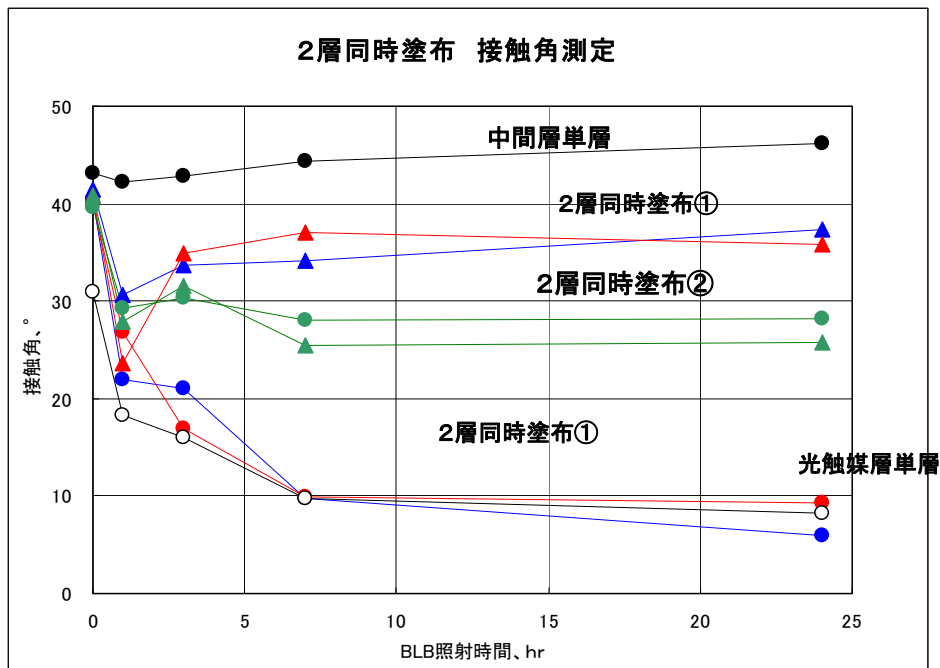
対策 液性変更（粘度UP 固形分UP）

上記の問題点への対策として、主に液性変更について検討した。手法としては粘度を上げるために、少量添加で効果のある添加剤のスクリーニングを行った。

上記の Casson's Plot で2液の傾きを近づける事を前提に置いて液性評価を行った。良好なものについて、2層同時塗布装置を使用して基材（PETフィルム）への塗工を行い2層分離の状況を評価した。検討結果の例を以下に示した。

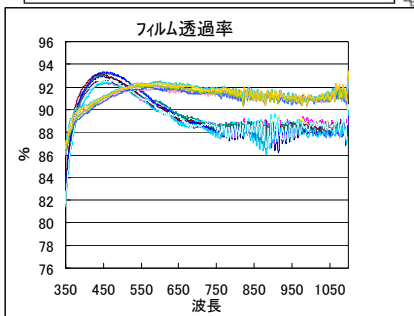
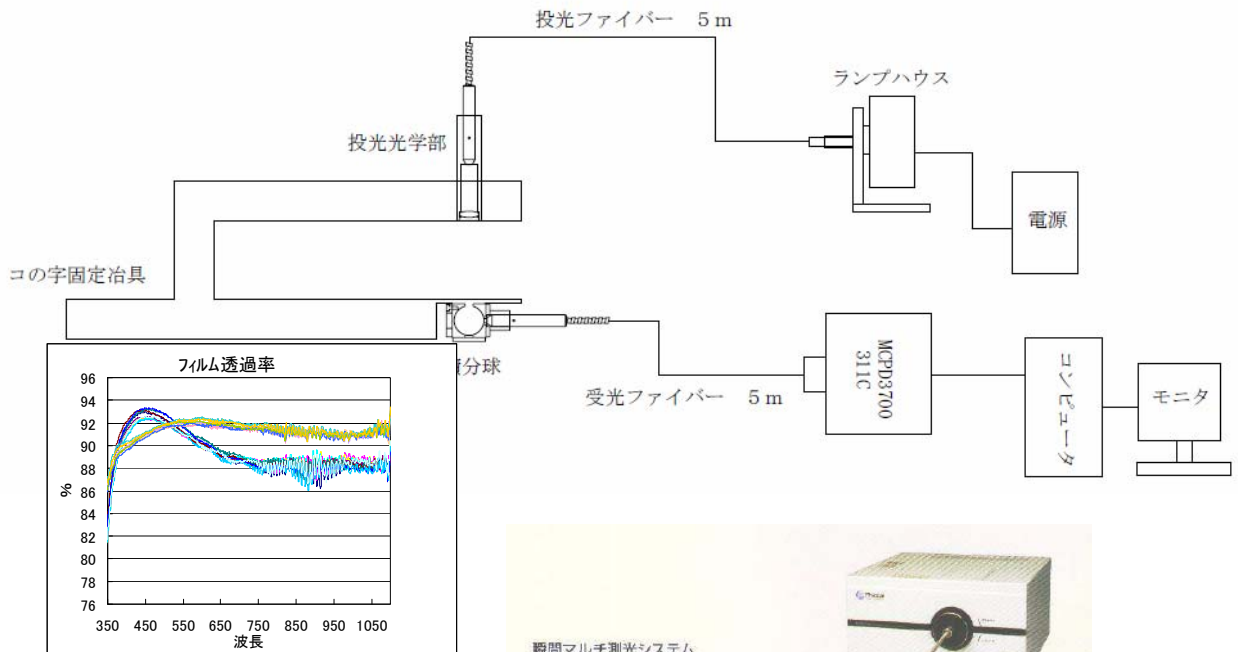


評価法は簡便な方法として接触角の測定を行った。結果を以下に示した。ストライプが残ることが課題であり検討を継続する。最終的には膜断面をSEM観察する予定である。



2-4-3 光触媒膜厚インラインモニター

部材へ光触媒膜が確実に積層されているかについて、インラインの膜厚測定法の検討を行った。その結果、転写フィルムの透過率を測定することで間接的ではあるが品質管理になりうることを確認した。装置概要を以下に示すが、本装置は20年度予算で購入し稼動中である。



瞬間マルチ測光システム
MCPD-3700

スペクトル評価のスタンダードシステム

フォトダイオードアレイによる分光スペクトルの高速測定

MCPD-3700は、分光計測・分析のための基本システムです。瞬間に分光スペクトルの測定ができ、自由に粗上げられる測定波長系と豊富なオプション類により、さまざまな目的に応じてシステムアップできます。測定波長範囲は4タイプより選択できます。

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 電工株式会社

3-1-1 超撥水膜の性能向上検討と光触媒の複合化設計

図 3-1-1 に示すように、住宅内装材への適用を前提として、塗膜に撥水性と光触媒活性を両立させることで、汚れ等が付着しにくく、なおかつわずかに残った汚れを分解する、あるいはガス分解や抗菌等の多機能を発現できると考えている。

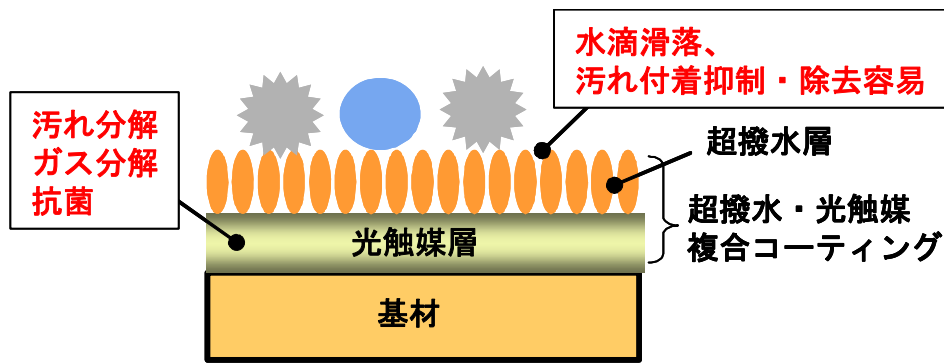


図 3-1-1 撥水-光触媒複合化設計の考え方

(i) 新規可視光型光触媒の分散安定化の検討

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 Cu(II)/TiO₂ 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。

また、塗膜物性に優れた可視光型光触媒コーティング材を作成するには、より望ましくはアルコールへの安定分散化が望まれる。本プロジェクト全体の課題として、開発した新規高性能可視光型光触媒を安定分散する技術が必要であると考えられる。

(ii) ベースとなる撥水樹脂の選定とコーティング化検討

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、ベース樹脂としてゾル-ゲル反応を利用したシリケート結合からなる無機樹脂を選定した。

本無機樹脂は、水/アルコール系溶媒にて多官能アルコキシシランを加水分解させて重合し、さらに反応性を有したシリコンオイル系化合物を添加することで、光触媒反応によっても分解されず、なおかつ高い撥水性を維持するものである。

可視光型光触媒との複合化を行わない状態では、鉛筆硬度 4H、水滴滑落角 20° 以下を達成した。

(iii) 可視光応答型光触媒との複合化検討

上記開発項目(ii)にて開発した撥水性無機塗膜に、各種の可視光応答型光触媒を複合化した。まず、東京大学・橋本 Gr が開発した Cu(II)/TiO₂ 光触媒および Cu(II)/WO₃ 光触媒と複合化したが、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。また、塗膜硬度および撥水性も著しく低下した。

続いて、市販されている可視光型光触媒(錯体担持型)との複合化を検討したところ、ある光触媒コンテンツおよび樹脂反応条件において、硬度および撥水性を維持し、なおかつある程度の光触媒活性を発現する塗膜が得られた。

光触媒活性が不十分であることと、活性を発現するために長時間の紫外線暴露を行わねばならない等、様々な課題はあるが、可視光型光触媒活性と良好な撥水性の両立が可能であることが、明確になった。

今後は、可視光型光触媒の活性の更なる向上と、コーティング化の際の活性阻害の抑制が、特に求められる。

図 3-1-2 に、本塗膜の化学構造図を示す。

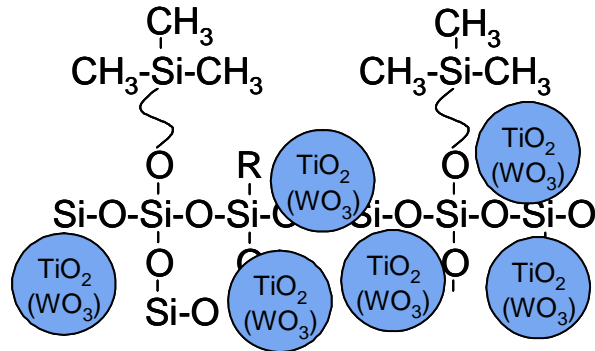


図 3-1-2 撥水-光触媒複合化膜の化学構造

3-1-2 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) 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

可視光型光触媒を適用する住宅部材として、大きく内廻り部材と水廻り部材を想定しており、それぞれに適用する場合の要求性能を明確にした。まとめると、以下ようになる。

- ① 将来も含めた室内光源下（蛍光灯・LED・EL）での性能発現のため、430～450nm 程度の光を有効利用できること
- ② コーティング化した際の塗膜物性確保のため、溶剤（特にアルコール）への安定分散
- ③ 水廻り部材については、WO₃系は耐アルカリ性の問題で適用できない

(ii) 新規可視光型光触媒の組成・構造提案

東京大学・橋本 Gr と共同で、酸化タングステンに Cu(II)あるいは Fe(III)担持した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、特許共同出願を行った。

また、同じく東京大学・橋本 Gr と共同で、金属イオン（Ce, Ge, V 等）ドーブ酸化チタンの Cu(II)/Fe(III)担持系を開発し、特許共同出願を行った。金属イオンドーブ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。

3-1-3 現行光触媒のシステム設計による効果検証

(i) 実証住宅の建築と室内の基礎データ集積

現行の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 3-1-3 に、光触媒実証住宅の平面図を示す。

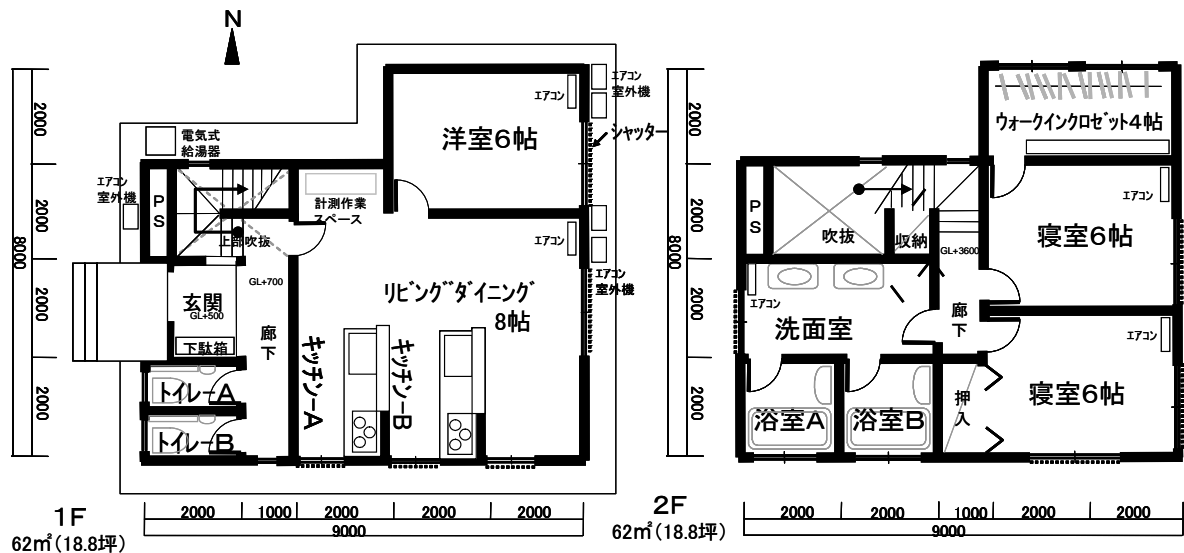


図 3-1-3 光触媒実証住宅平面図

図 3-1-3 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。これらの住宅設備は、現状では光触媒が適用されたものではないが、今後の検討で光触媒を適用した部材が開発されれば、本実証住宅に設置し、光触媒の有無による効果の比較実験を行っていく。

また、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。

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、実証住宅においては、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いる。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して光触媒の効果予測シミュレーションを行っている。

(ii) 実証住宅による空気質改善効果の確認

実証住宅において、市販品の可視光型光触媒 (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 3-1-1 に示す。

表 3-1-1 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
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 (0.7mg/h)	なし	なし	OFF	12.5
4	1/13 PM					16.0
5	1/16 AM	あり (1.5mg/h)	シール	なし	OFF	63.4
6	1/16 PM					66.0
7	2/2 AM	あり ($\cong 2.7\text{mg}/\text{h}$)	シール	北面	OFF	109.1
8	2/2 PM					80.3
9	2/6 AM	あり ($\cong 2.7\text{mg}/\text{h}$)	シール	北面	ON	91.8
10	2/6 PM					72.4
11	2/12 AM	あり ($\cong 2.7\text{mg}/\text{h}$)	シール	東西南北面	OFF	89.1
12	2/12 PM					82.2
13	2/16 AM	あり ($\cong 2.7\text{mg}/\text{h}$)	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ー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 3-1-1 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。

3-1-4 評価方法の確立

(i) JIS に基づいた評価方法の開発

JIS に準拠した可視光型光触媒の評価方法を開発するため、光触媒反応モデル基本式を計算流体力学 (CFD) と連成し、JIS R 1701 試験機の解析を行った。その結果、光触媒による除去反応速度定数 k_d と JIS R 1701 試験の除去率 R の関係を明らかにした。さらに、除去率 R と小型チャンバー法試験における換気量換算値 Q_d の関係を明らかにし、実験結果からその妥当性を検証した。その結果を、図 3-1-4 および 3-1-5 に示す。

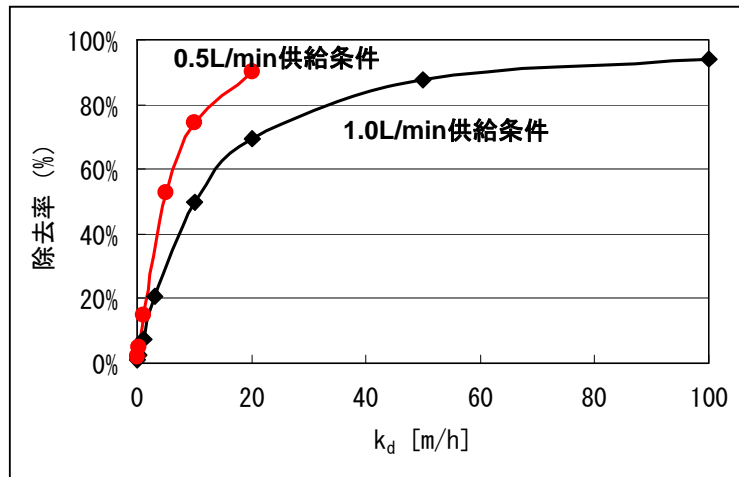


図 3-1-4 光触媒除去反応速度定数 k_d と除去率 R の関係

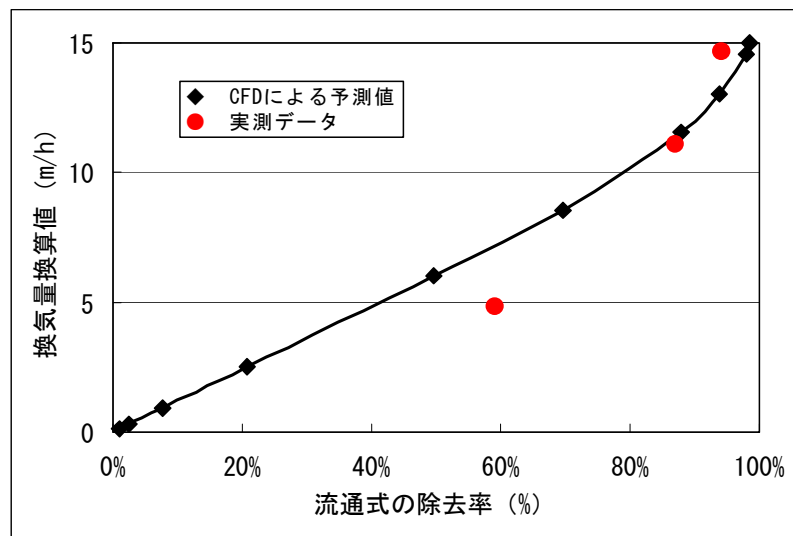


図 3-1-5 除去率 R と換気量換算値 Q_d の関係

この成果は、「可視光応答型光触媒性能評価試験方法に関する標準化調査事業」委員会にて報告するとともに、光機能材料研究会のシンポジウムにて発表を行った。

また、可視光型光触媒の新たな機能として室内のハウスダストによるリスクを低減できないか確認することを目的とし、ハウスダストに付着している有害物質である SVOC（準揮発性有機化合物）を定量する設備を導入した。今後、光触媒による SVOC リスク低減を定量するための評価方法の検討を行っていく。

(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

可視光型光触媒の空間としての評価基準を作成するための手段として、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、前項報告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 3-1-6 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。

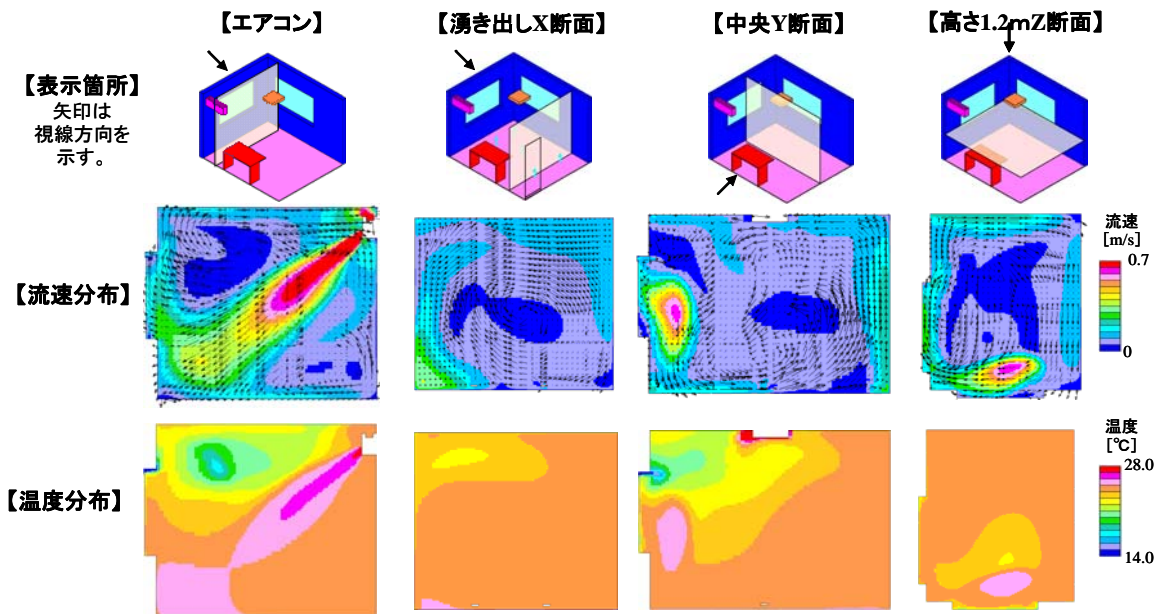


図 3-1-6 気流および温熱解析結果

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 3-1-7 に示す。

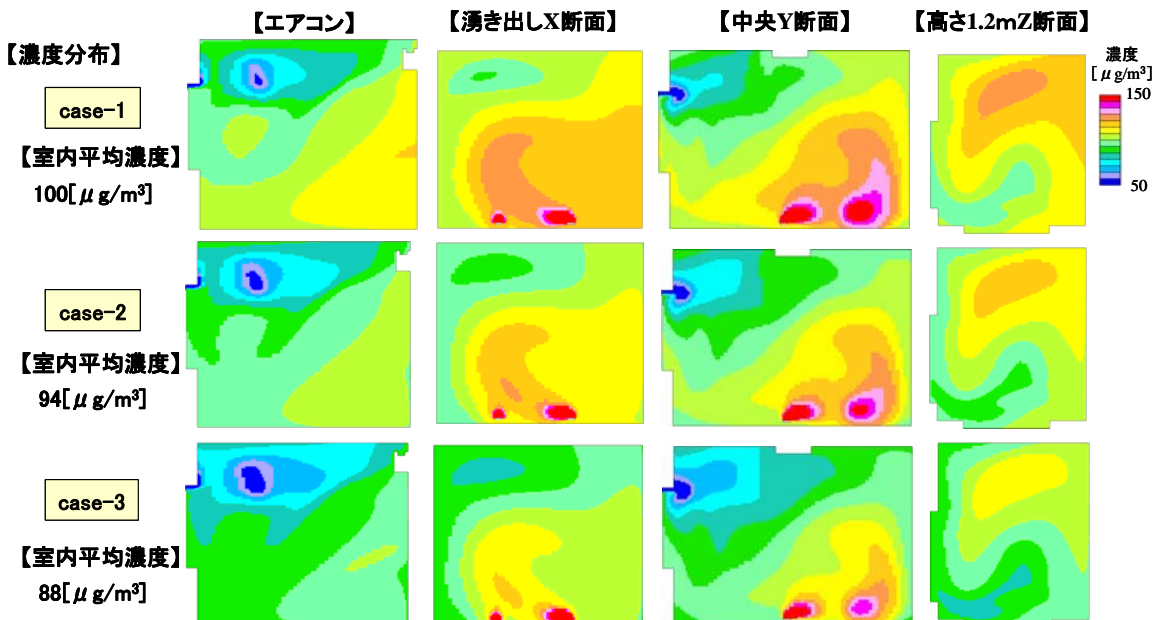


図 3-1-7 ホルムアルデヒド濃度解析結果

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。今後、本シミュレーションと実証住宅での実測をもとに、空間としての評価基準を策定するとともに、光触媒材料の基本性能目標値を設定する検討を行っていく。

○TOTO 株式会社

3-2-1 水回り防汚部材、コート材の開発

3-2-1-1 防汚性評価方法の検討

TOTO 株式会社の子会社である屋内の水周り空間への光触媒応用の研究開発を進めるため、まず浴室を対象とした防汚効果について UV 型光触媒を用いた評価方法の検討を行った。浴室汚染状況の調査や擬似汚物による検討を進め、評価方法（汚染種、汚染量、タイミング）を設定した。さらに、この評価方法を促進実施する評価装置を作製し評価を進めた。

3-2-1-2 防汚コート材の開発

評価方法に従い、防汚試験を実施した。なお、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、撥水樹脂塗膜及び基材自身を用いた。

結果一例を表 3-2-1 に記す。

表 3-2-1. 擬似汚物の評価結果

	基材のみ	UV 応答型光触媒塗膜	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。

表 3-2-1 より撥水塗膜では擬似汚物の残留が見られた。一方親水樹脂や光触媒塗膜では汚物残りなく、清浄な状態を保つ。このように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 3-2-1 にて親水樹脂塗膜では接触角の上昇がみられた。これは擬似汚物に配合したリンス由来の撥水成分が付着したものである。繰り返し負荷により徐々に表面が撥水化していくため、清浄面を維持できない。一方、UV 応答型光触媒塗膜の接触角は初期と同等であり、分解により撥水成分が除去されていると考えられる。

次に可視光応答型光触媒の可視光下での親水性挙動について評価を行った。可視光応答型光触媒をガラスにスピンコートし、可視光照射下の親水挙動を評価した。

各種可視光光触媒について、予め紫外光照射で親水化させた後に可視光（照度 6000Lx）下での水接触角の推移を追跡した。一部の可視光応答型光触媒で親水性維持されたが、その他の可視光応答型光触媒は接触角が徐々に上昇した。

次に浴室汚染成分で汚染した後の接触角推移を追跡した。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 1 mW/cm²）を照射した場合は全サンプル接触角は 5° 以下になることから、光触媒表面に付着（吸着）した汚染物質が分解されずに表面に残っていると考えられる。評価を行った可視光応答型光触媒では親水性の回復はみられなかった。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る。

3-2-2 VOC 分解塗膜の開発

3-2-2-1 ガス分解

JIS R に従い、流通法により評価を行った。

図 3-2-1 に用いた測定装置構成を示す。

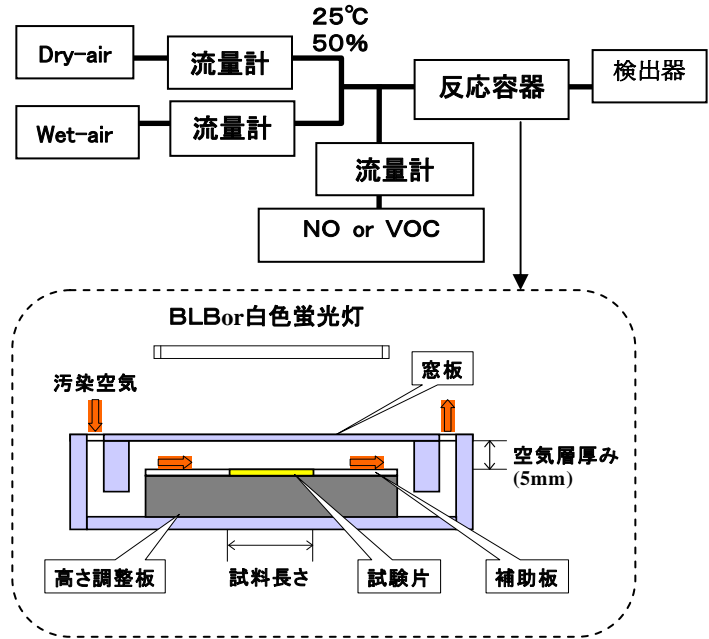


図 3-2-1 測定装置構成 (J I S R 1 7 0 1)

サンプル : 50×100mm 1 枚、

ガス : 合成空気と対象ガスを混合し 25°C、50%RH に調整し前記反応容器に供給。

上記装置 (図 3-2-1) にて可視光光触媒と新規開発バインダーを用いた塗膜の HCHO 除去性評価を行った。白色蛍光灯 (6000Lx) 下にて、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、膜厚を増加と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、より有効に活用し、従来膜と比較し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る。現在、中間目標の 60% の分解除去率を得ている。分解活性向上と共に、曝露による活性阻害への対応 (光触媒種による活性阻害の強弱 等) や塗膜強度の向上など実用化に必要な技術開発も進めており、ほぼ計画通りの進捗状況である。

VOC ガスの分解活性と合わせ開発塗膜に求められる性能として、透明性や密着性などの塗膜としての基本性能がある。これらについても開発を進めた。今回目指す応用商品は内装の表面仕上げ材及び屋内建材であり、天井材などを除いて日々のメンテナンス等を考慮した塗膜強度が必要となる。さらに部材の持つ意匠性を損なうことがないように透明性等の改善を試みた。

【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 3-2-2)。

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。



図 3-2-2 透明性評価 (透明ガラス板に塗布)

【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。なお、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。一方開発塗膜では水浸漬及びアルカリ浸漬処理何れの塗膜も剥離がなく、密着性良好であった。

3-2-3 塗膜形成プロセスの検討

光触媒塗膜のバインダー成分は光触媒の有機物分解特性による光触媒塗膜自身の分解を防ぐために無機物あるいは無機有機ハイブリッド材料を用いることが多い。一方で製膜する基材はガラス、セメント等の無機物に限らず既存塗膜、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く、樹脂基材と無機材料中心のバインダーでは密着性の確保が難しいという課題がある。課題解決のために基材の特性に合わせたプライマーを用いたり、各種表面処理を行うが、各基材毎に合わせた仕様検討が必要で商品化時の大きな開発課題となっている。

今回、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新規表面処理方法による検討を行った。

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評価を実施した。

屋内部材を構成する各種基材に対する一次密着性では新規表面処理方法が既存表面処理方法と同等もしくは優れた結果となった。さらに実環境を想定した二次密着性の評価を行った。新規表面処理方法は、温水浸漬の他、酸など薬品浸漬後の密着性も良好であった。新規表面処理方法により、密着が不十分であった基材について光触媒塗膜との密着性を確保することができた。

新規表面処理方法は樹脂基材の変色なども発生することなく、広く部材応用が可能であるプロセス技術であることがわかった。

○日本板硝子株式会社

3-3-1 現行 UV 型品の性能評価－抗菌性能の把握

現状技術で製造可能な UV 型光触媒を使用した場合に、どの程度の抗菌性能が得られるかについて、現状で最も有機物分解活性が高い光触媒ガラスを用いて評価した。評価は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行い、UV 照射時間を変えて行った。

結果を表 3-3-1 と図 3-3-1 に示す。結果は予め 10^5 コ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 $0.01\text{mW}/\text{cm}^2$ 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 3-3-1）。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 3-3-1）。

表 3-3-1 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 ²)			
	暗所	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

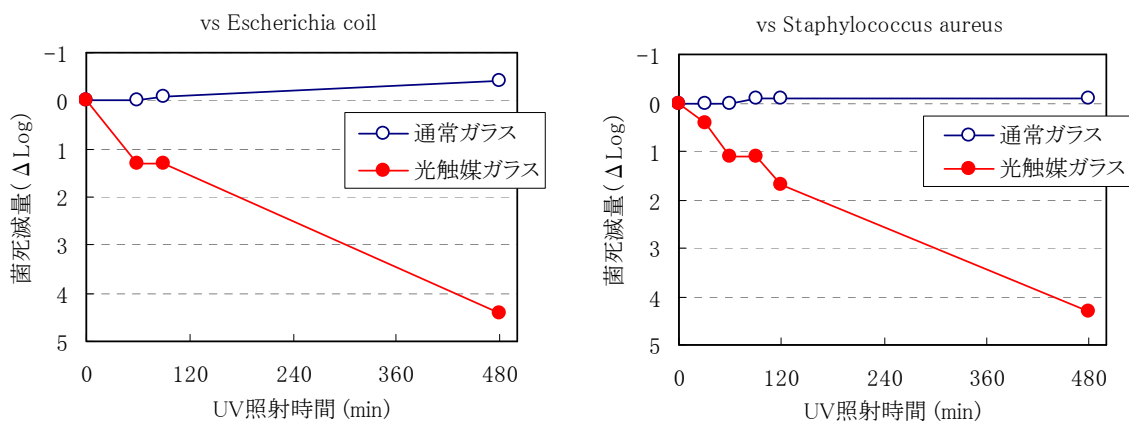


図 3-3-1 UV 照射時間と菌死減量の関係。左：大腸菌、右：黄色ブドウ球菌

3-3-2 現行 UV 型品の性能評価－VOC 分解評価方法の標準化

標準試験法として定めた VOC 分解評価装置である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の改良を行い、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）との AA 分解活性評価のラウンドロビン試験においても、図 3-3-2 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。

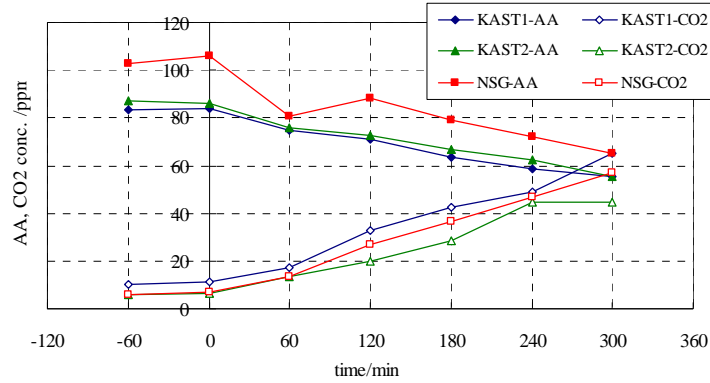


図3-3-2 アセトアルデヒド分解活性のラウンドロビン試験結果

3-3-3 可視光型品の性能評価ーゾルゲル法

可視光応答型光触媒のプロジェクト標準品（HP-N08 : N ドープ TiO₂）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 CO₂ の発生状況を図 3-3-3 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 CO₂ 生成が確認された。また、紫外光を含めた評価では、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 AA 分解活性（CO₂ 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。

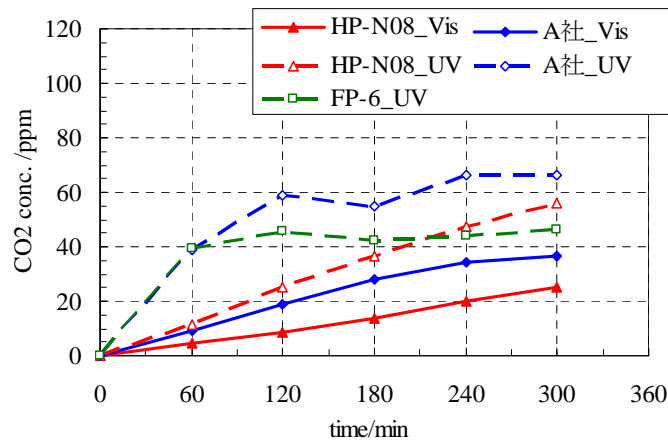


図 3-3-3 可視光応答型光触媒の AA 分解活性評価結果（粉末品）

しかしながら、ゾル成膜品での AA 分解活性評価では、紫外光下でのみ CO₂ 生成が確認され、可視光下では CO₂ 生成は確認できず、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。

また、新開発材料として NEDO プロジェクトより提供された Cu²⁺/WO₃ についても、同様に粉末による AA 分解評価を行い、可視光下での分解活性を確認することができた。

3-3-4 可視光型品の性能評価ースパッタ法

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、スパッタ法による成膜を検討した。可視光応答型標準材料とされている N ドープ TiO₂ 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 CO₂ は微量しか観測されなかった。

一方、可視光応答性を示す WO₃ 膜については、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 CO₂ の発生を確認することができ、CO₂ 生成速度は標準品の N ドープ TiO₂ に比べて約

10倍であ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TiO₂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。

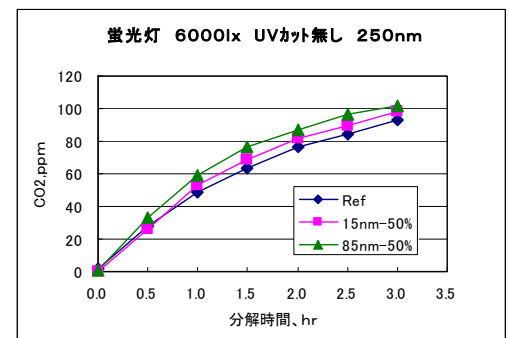
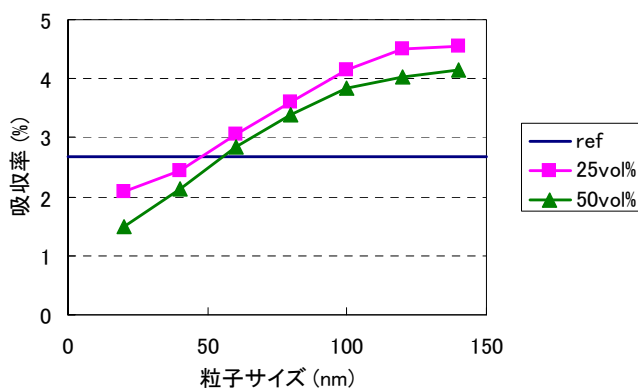
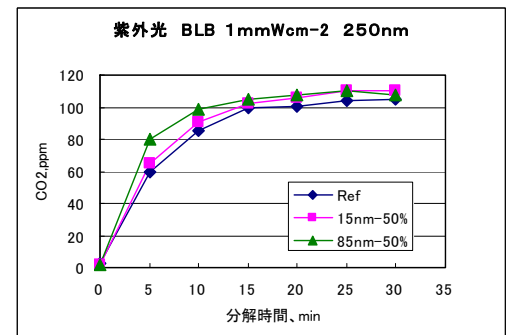
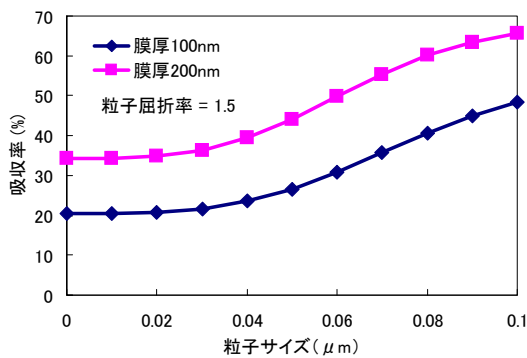
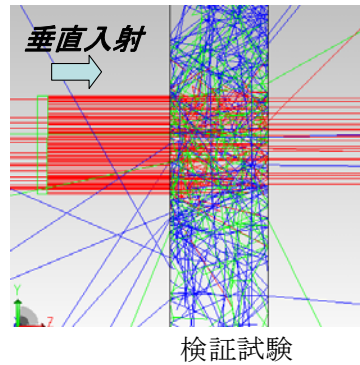
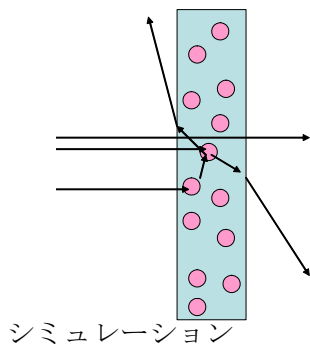
また、AA分解活性向上のために表面積増加を目的とした基板表面凹凸(#100、#400研磨)での評価を行ったが、膜厚斑・膜亀裂が確認され結晶性が悪いことが確認された。

○三菱樹脂株式会社

3-4-1 光触媒の散乱粒子導入効果

モデル：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。

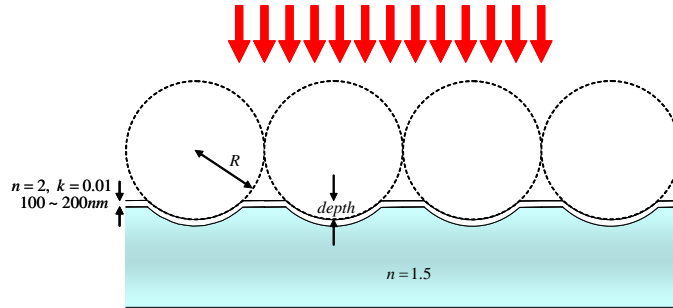
シミュレーション：モンテカルロ光線追跡法で、光学特性の変化についてシミュレーションを行い、またその結果の検証試験を行った。



検証試験は評価をVOC測定(アセトアルデヒドの分解)で行った。シミュレーション通り紫外光及び可視光とも光触媒活性の向上を示した。

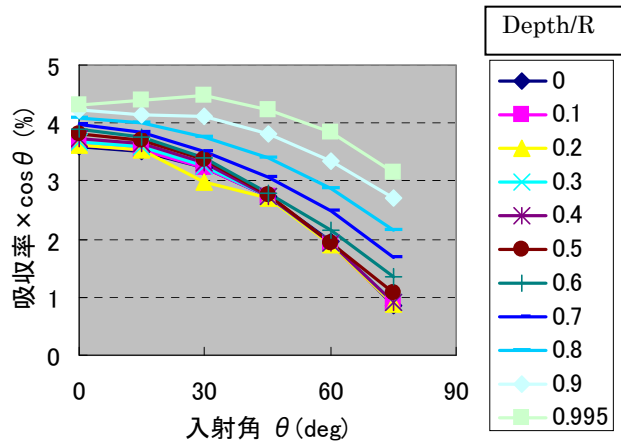
3-4-2 光触媒膜の表面形状効果（光閉じ込め効果）

モデル：テクスチャー構造のモデル

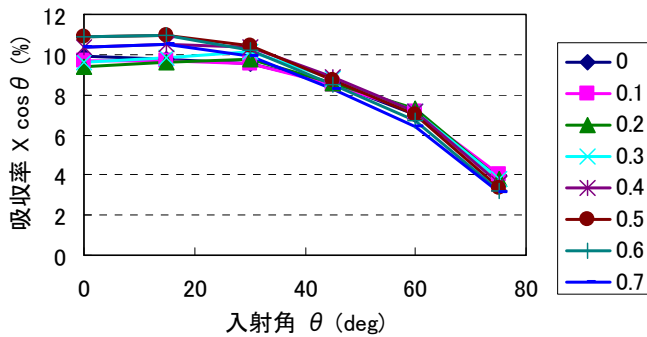


→テクスチャーを深くしていったときの光吸収率の変化を解析する

シミュレーション結果



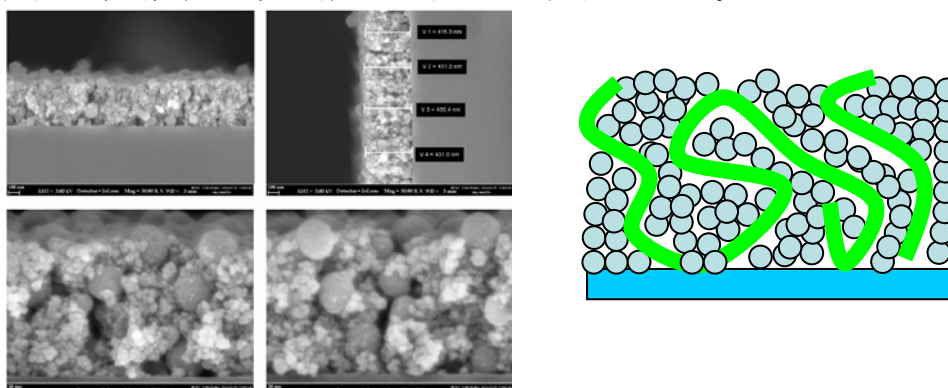
上記のシミュレーション結果に基づき、20年度はプロセスに適用できる材料を選択している。また別の観点から、複合板表面即ち光触媒膜の裏面反射に注目してシミュレーションを行った。汎用意匠の複合板では、表面粗さから裏面反射が期待できる。



シミュレーション結果から、面積増加率で規格化するとテクスチャーの効果が見られる。

3-4-3 光触媒膜の断面形状効果（細孔の形成）

散乱粒子導入効果での光触媒膜の断面写真を以下に示した。



散乱粒子の界面に沿って細孔が形成されており、この様な断面形状を作り出せれば活性点の増加により、光触媒活性を向上させる事が出来るという仮説の基に検討を開始した。

散乱粒子の導入ではない方法を探索し、現在のところ空隙率が反射分光の測定結果で25%程度のサンプルが得られている。この細孔が連続しているのか及び活性向上につながっているかについて、検討中である。

3-4-4 部材のVOC評価（入手品及びNEDO成果材料の比較評価）

NEDOのCu担持WO₃（バインダー無し）A社 基材複合板（バインダー無し）B社及びC社 基材PETフィルム（バインダー有り）について、可視光紫外光活性をVOCアセトアルデヒドの分解で評価した。

このうち散乱粒子導入効果の検討については、A社品を使用した。またこの検討を通じて光触媒材料が提供されれば、部材（複合板）に積層しての評価の手法がほぼ確立できた。

今後は、(3-4-1)～(3-4-3)の検討結果を織り込み、またプロジェクトの成果材料の塗布液化をして部材（金属樹脂複合板）に積層して評価を行う予定である。

3-4-5 その他 光触媒活性評価法のブラッシュアップ

本プロジェクトの目標は、可視光応答型光触媒の活性を10倍にする事が挙げられている。

これまで、三菱樹脂株式会社としては紫外応答型光触媒の評価が中心で接触角計等は所有していたが、可視光応答型光触媒の評価は他社に依頼していたのが実情である。そのため、19年度に評価設備の導入及び評価技術の検討を行った。

具体的には、1) 乾式MB分解試験 光触媒チェッカー 2) 湿式MB分解試験 紫外可視分光光度計 3) VOC測定 光音響マルチガスモニター（INNOVA製）を導入した。

光触媒チェッカー



分光光度計



光音響マルチガスモニター



○株式会社積水樹脂技術研究所

3-5-1 内装部材開発

内装部材は様々な場所に使用されるため、その中から高感度可視光応答型光触媒素材が有効な製品を設定することが必要なため、①ターゲット製品の設定(製品企画)を進めた。

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て、テストを開始した。

株式会社積水樹脂技術研究所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、住宅内壁材、店舗・商業施設建材、公共空間の壁面など多岐に渡る。その中でも、住宅内壁を除く公共空間向けの壁材に絞り、課題クリアを目指す。

3-5-2 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。開発手順として、①現行品の性能把握による基準の設定、②塗料設計・開発(従来の光触媒素材を用いる)、③新規光触媒素材の活用検討を進めた。

① 現行品の性能把握

平成 19 年度導入したラボ評価装置を活用し、現在開発中の塗料について性能把握を開始した。その結果、流通式評価においては活性が認められなかったため、別途評価精度を向上した「ガスバッグ法」で評価をおこない基準値を設定した(基準 CO₂ 生成速度;0.71ppm/hr)。

以降、この現行品の性能を基準にし、塗膜設計を進めた。



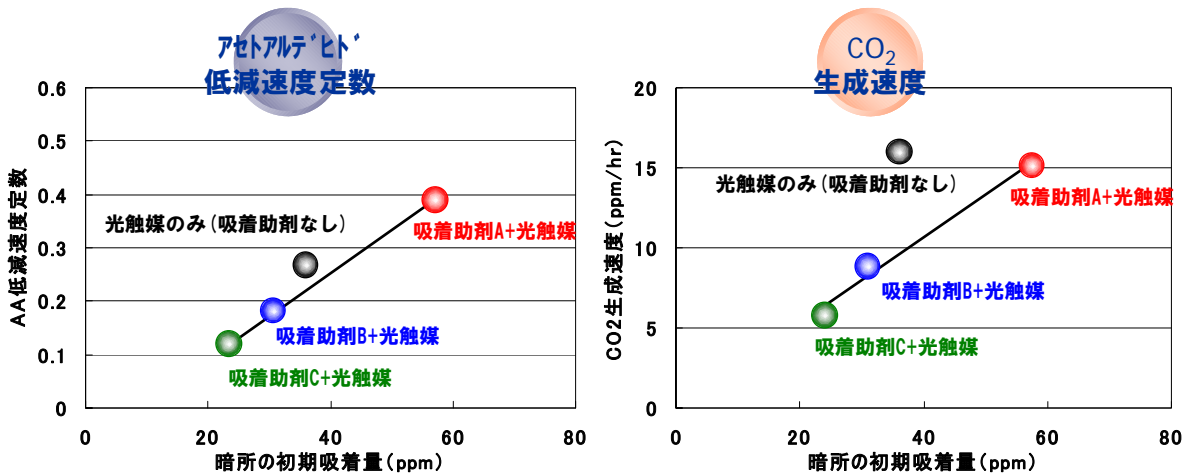
現行塗料塗布例

② 塗料設計・開発

現行品の改良検討として、塗膜の基本構成の再検討と吸着助剤の配合検討を実施。特に後者において、優れた相乗効果を得ることが出来た。

この吸着助剤との配合検討は、光量律速条件で評価を行うこととし、その条件下における材料特性を検証した。

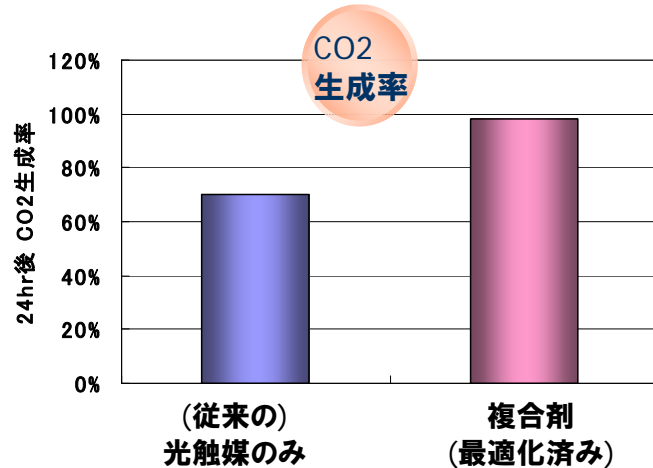
吸着力の異なる 3 種類の吸着助剤 A, B, C(吸着力; A>B>C)と(従来の)光触媒を 1:1 で混合し上記条件でアセトアルデヒド分解試験を行った。



吸着力の差異によるアセトアルデヒド低減速度および CO₂ 生成速度(ガスバッグ法)

各試料の暗所 2 時間でのアセトアルデヒド吸着量を横軸にとり、アセトアルデヒド低減速度定数および CO₂ 生成速度を縦軸にとると、それぞれの値はほぼ直線の関係になり光量律速条件においても材料の吸着力を高くすることができれば高活性な材料になることが明らかとなった。

これらの知見を活かし、現状の調査の中で最も優れる「吸着助剤」と「(従来の)光触媒」について最適化を図った結果、下図に示すとおり活性が 1.4 倍向上しており、最適な配合をおこなえば吸着助剤と光触媒の相乗効果を得られることが明らかとなった。



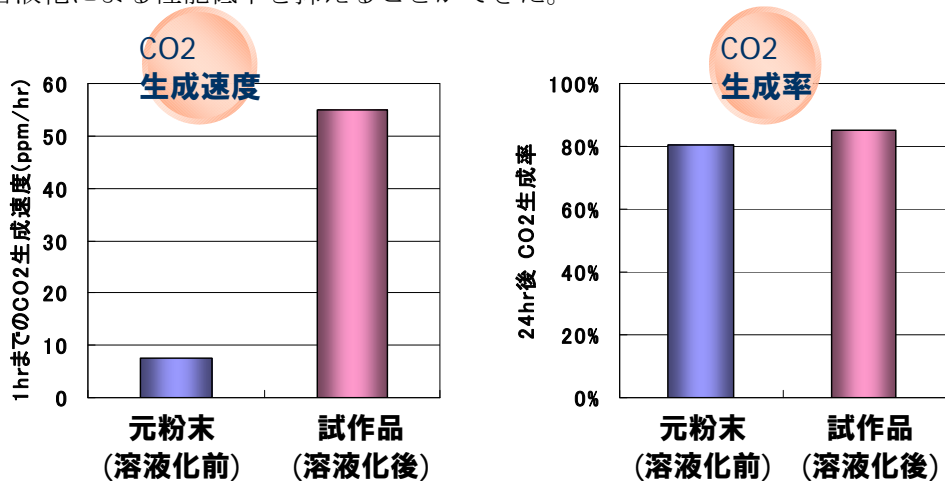
「複合剤(「吸着助剤」+「(従来の)光触媒」)」の最適化状況(ガスバッグ法)

次に、この「複合剤」を用いた塗膜を作成し、アセトアルデヒドガス活性を評価した結果、CO₂ 生成速度が 1.56ppm/hr を示し、基準である 0.71ppm/hr の 2.2 倍の活性を得ることができ、H20 年度目標値であった活性 2 倍を達成した。

③ 新規光触媒素材の活用検討

当プロジェクトの成果である新規高感度可視光応答型光触媒材料について、塗膜に用いるために溶液化検討を実施した。

今回の検討により試作した溶液(試作品)は、溶液化前の元粉末に比べて、溶液化を図ることにより活性評価 1hr までの CO₂ 生成速度は元粉末を大きく上回る結果が得られ(下図左側)、また、活性評価 24hr 後の CO₂ 生成率においては元粉末と同程度となり(下図右側)、溶液化による性能低下を抑えることができた。



溶液化による CO₂ 生成速度・生成率の変化状況(ガスバッグ法)

以上のことから、溶液化により初期の CO₂ 生成速度が向上する可能性があることが明らかとなり、今後、条件の最適化を進めて、元粉末の性能活性を最大限に活かした溶液を目指す。

3-5-3 評価技術確立

開発中の材料や塗膜の性能活性を精度良く評価するため、H19 年度より評価技術の確立を実施。H20 年度はこの評価技術を活用し、プロジェクト標準サンプルの「N ドープ酸化チタン光触媒」などの評価をおこなった。

また、流通式ガス評価方法(流通法)では、精度向上の検討をおこなったが、条件設定までには至らず引き続き検討を実施する。また、簡易実験室については、着手が遅れ、照度等の環境測定を開始にとどまり一次判断まで至らなかった。今後、実験室の有効性を判断するための評価を進める。

研究開発成果のまとめ

H20 年度のまでの研究開発により、以下の成果を得た。

	今年度 達成目標	今年度実績(成果)
1)内装部材開発		
■モデル製品の設定	モデル製品設定 対象製品絞込み	公共空間の面材とし、 臭い・抗菌などの機能を付与 することとした。
2)コート液開発		
■現行品性能の確認	現行品を評価し、 性能基準とする	ガスバッグ法、流通法を用いて、 現行品を評価。 基準を設定した。
■塗料設計,開発	基本設計完了 現状品比2倍	基本構成を見直し、吸着助剤の 最適化を開始。2.2倍の活性を 得た
3)評価技術確立		
■ラボ評価技術 ■簡易実証実験	精度向上完了 有効性(一次)判断	流通式評価方法の条件探索 簡易実証実験室の環境測定開始

これらの成果は、いずれも中間目標(H21 年度まで)および最終目標の達成に必要不可欠なものであり、この達成に確実に近づいたと言える。

また、H20 年度は特に「3-5-2 コート液開発」に注力し、吸着助剤と光触媒をうまく混合することで、混合の相乗効果が得られることを見出した。H21 年度より新規光触媒材料の溶液化に注力し、優れた活性を有する内装建材用の塗料を開発する。

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

ハフニウム(ジルコニウム) - 酸化チタン(Hf(Zr)-TiO₂)を検討した。作製したHf(Zr)-TiO₂ 薄膜は酸化分解活性を発現するものの親水化せず、かつ転落角20 度という非常に低い水滴の転落角を示し、紫外光照射下でも水滴の転落性能の維持が達成できた。また、酸化チタンのチタンイオンサイトをアルミニウムイオンで一部置換することで、水接触角0 度～150 度までの超親水・超撥水可逆変換酸化チタンの創製に成功した。さらに、撥水領域への移行時間4 時間を達成し、超親水・超撥水可逆変換酸化チタンの実用化に目処をつけた。

スパッタ製膜した酸化チタン薄膜をプラズマ結晶化処理したところ、その条件に応じて結晶化が表面のみあるいは膜内部のみに生じることがわかり、その結果として酸化分解活性を示すにも関わらず光誘起親水化が発現せず、しかも水滴転落角が 20 度程度と非常に良好な数値を示し、紫外光照射下でもその水滴除去性を維持することができた。また、酸化チタン薄膜に引っ張り応力を導入すること、ドーブによる酸化チタン格子拡張により撥水領域への移行時間が短縮できることを見出し、超親水・超撥水可逆変換酸化チタンの実用化への道筋をつけた。

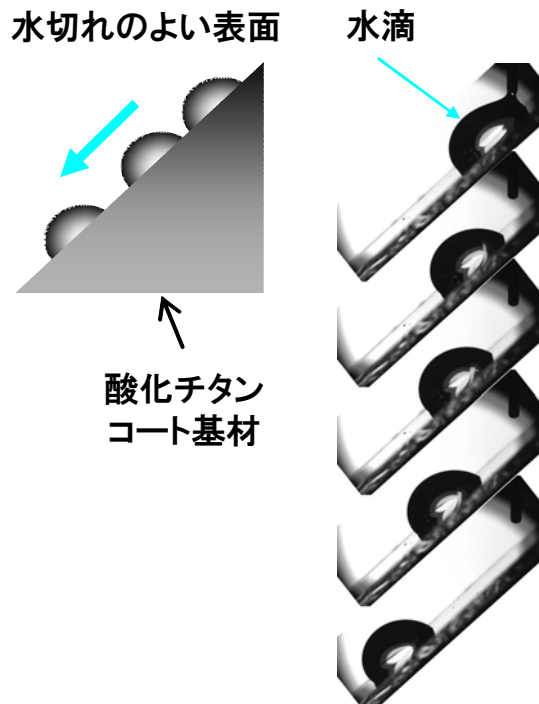


図4-1-1 超滑水材料

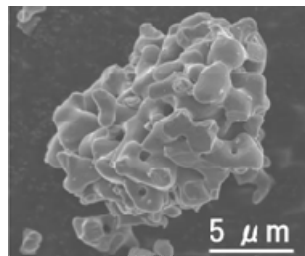
4-2 エネルギー貯蔵型光触媒の研究開発

酸化チタン光触媒材料の欠点、すなわち光がないと機能しない欠点を補うべくエネルギー貯蔵材料と組み合わせ、光触媒の機能を夜間にも維持するための検討を行った。エネルギー貯蔵材料として水酸化ニッケル (Ni(OH)₂)、酸化イリジウム (Ir₂O₃)、酸化ニッケル (NiO) を見出し、光がない場合にもトルエン等、揮発性有機化合物に一定の効果があることが示された。トルエン等の揮発性物質は夜間、貯蔵エネルギーによって不揮発性の物質に酸化し、これを日中の光触媒作用で完全分解するという利用方法が提案された。

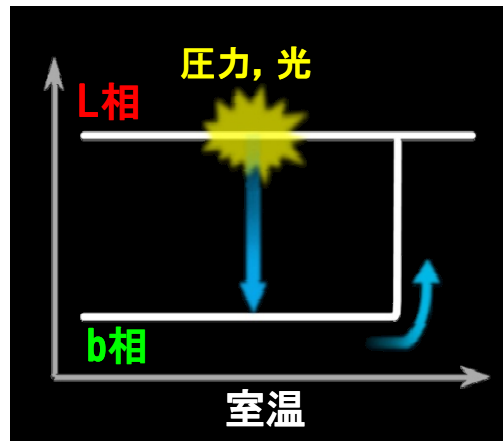
4-3 強磁性をもつ酸化チタンの研究開発

磁気 - 電気相互作用に基づく新規な機能性発現を目指し、酸化チタンナノ微粒子の合成と $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ナノ微粒子の光触媒活性の検討を行った。逆ミセル法により作製した粒子径20 nm 程度の $\alpha\text{-Ti}_3\text{O}_5$ ナノ微粒子は、バルク体とは異なり非磁性半導体 (β -) - 常磁性金属 (α -) 転移を示さないことを見出した。また、同様の方法で作製した $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ナノ微粒子の鉄サイトをガリウム置換すると高い光触媒活性を示すことを見出した。

酸化チタンの新規機能性発現を目指し、 Ti^{3+} を含む酸化チタンナノ微粒子の合成を行った。逆ミセル法とゾルゲル法の組み合わせにより作製したところ、これまでに知られていない新規な Ti_3O_5 を見出した（ここではこの相を $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ と呼ぶ）。粒子径 10-20 nm の Ti_3O_5 ナノ微粒子は、パルスレーザーを照射したところ、 $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ に転移した。また別のレーザーを照射したところ、再び $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ に回復し、可逆的挙動が観測された。このような金属酸化物における光誘起相転移は初めてであり、この材料が安価で安全な酸化チタンのみから構成されていることから、次世代の光記録材料への応用が示唆される。



電気物性
磁気物性
光学物性



圧力誘起相転移

光誘起相転移

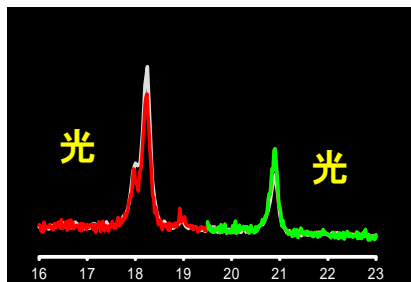


図4-3-1 $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ コーンフレーク型微粒子

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

1) 高耐久性超撥水コーティングの設計、2) 超撥水表面での空気層保持能力の検討、3) 親水領域のネットワークの検討、4) 固液界面での液体速度勾配の可視化評価方法の検討を行い、異なる粗さの組み合わせが超撥水性表面の耐久性向上に有効であることを確認し、超撥水性機能の光学的計測方法を確立した。加えて、少ない親水領域でもネットワーク構造を付与すると、超親水現象が得られることを確認した。更に、すべりモードの寄与を大きくすることが、高速液滴滑落表面の設計に重要であることを明らかにした。

超撥水表面での水中での空気層保持能力の検討を行い、流速や時間の増加に伴い、空気層が2段階で剥離すること、閉鎖系では空気が再合体することなどを明らかにした。またレイノルズ数が数百程度の場合は表面空気層の効果により超撥水表面が流体の流動抵抗の低減に有効であるが、数千を超える高速流動では、先行液膜の効果により超親水の方が流動抵抗の低減に効果があることを明らかにした。特にレイノルズ数 5000 程度の領域では、流動抵抗が 40%低減できることを示した。

⑤光触媒新産業分野開拓

○盛和工業株式会社

5-1-1 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(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/cm²×2 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)

	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%

5-1-2 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 (m/s)	初濃度 a_1 (ppm)	5段通過後 の濃度(ppm)	段数 (段)	1段あたりの 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時の評価方法が確立できた。

5-1-3 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Ca(OH)₂で処理するための装置を改良し測定に供した。

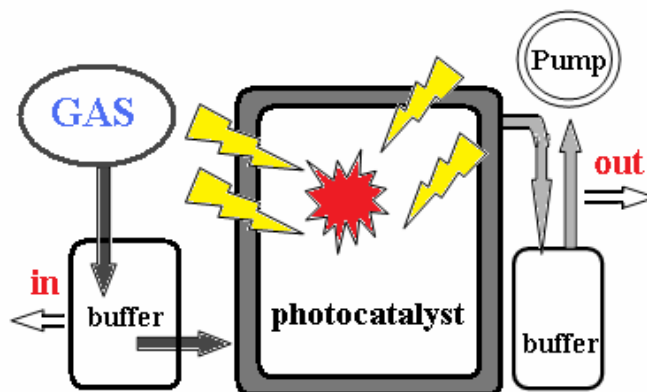
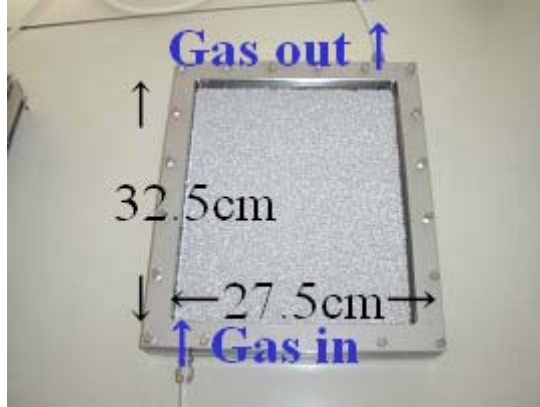


図 5-1-1 測定の流通(One Path)経路概念図

実験装置の概要

- ・光源：水銀灯 光量：平均約 10mW/cm² ガラス越し(約 15~5mW/cm₂) × 2 灯
- ・反応器 照射面積 893.75cm² 体積 1341cm³ 流通速度 50~500ml/分



500L/min 以下の流通(One Path)試験器

反応器

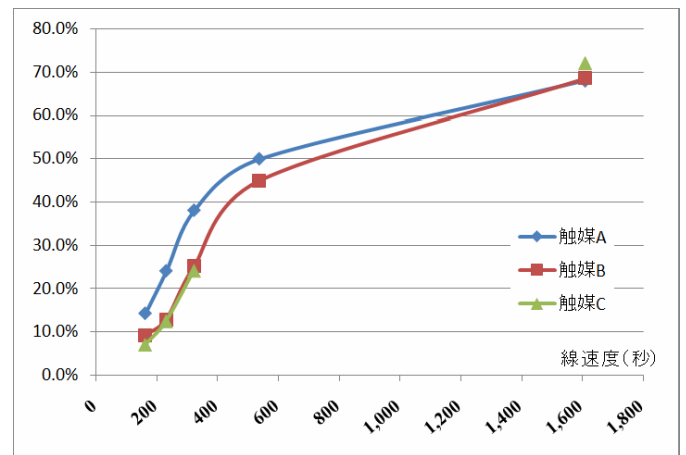
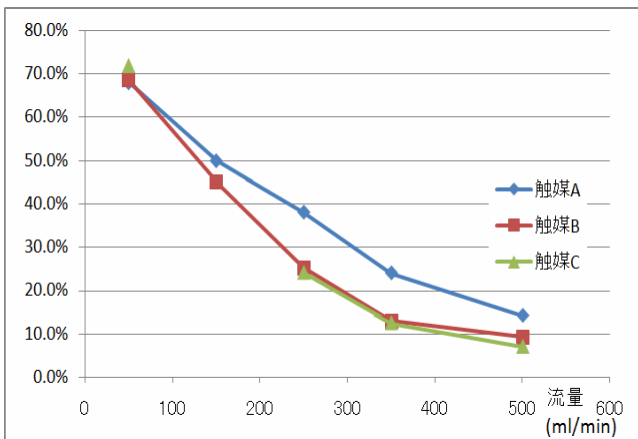
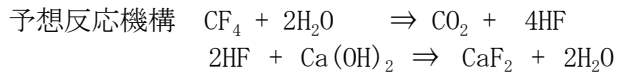
性能確認

既存フィルターを用いて PFC ガス(CF₄)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 CF₄ 濃度 100ppm 光量 約 10mW/cm² 排ガスは Ca(OH)₂ で処理後測定



フロン 14 (CF₄) の分解

流量 (ml/min)	線速度 (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%

フロンの分解については 50ml/分の流通で約70%以上という結果になった。

5-2-1 高活性光触媒シートの開発

光触媒シートを使ったVOC汚染土壌の浄化システムの開発では、汚染土壌中のVOCを吸引する方法の開発と吸引範囲の解析や新6連式吸着装置の開発を行い、営業中のクリーニング店での現場実験から、システムの稼動前と比較し、地下のVOC濃度の明らかな低下が認められ、ほぼ1年間のシステムの稼動により、汚染された土壌からある量のVOCを吸引し、無害化できることが実証された。また、吸引井戸の周囲の影響範囲についても、実証実験により一定の知見を得ることができた。

5-2-2 VOCの吸着分解に優れた光触媒材料の開発

VOC（特に土壌汚染に関係したトリクロロエチレンやテトラクロロエチレン）を吸着し、光触媒反応による分解活性に優れた光触媒材料として、酸化チタンと活性炭を組み合わせた材料を作製した。利用する活性炭について、適した細孔径分布をもつ活性炭を選択して、光触媒材料を作製した。酸化チタンと活性炭の配合比を検討し、光触媒分解時に有害な中間体を放出せず、かつ最大の分解活性を發揮する配合比を決定した。また、VOCだけではなく、アンモニアなどの悪臭を吸着・酸化できる低コストな光触媒材料についても作製を試みた。

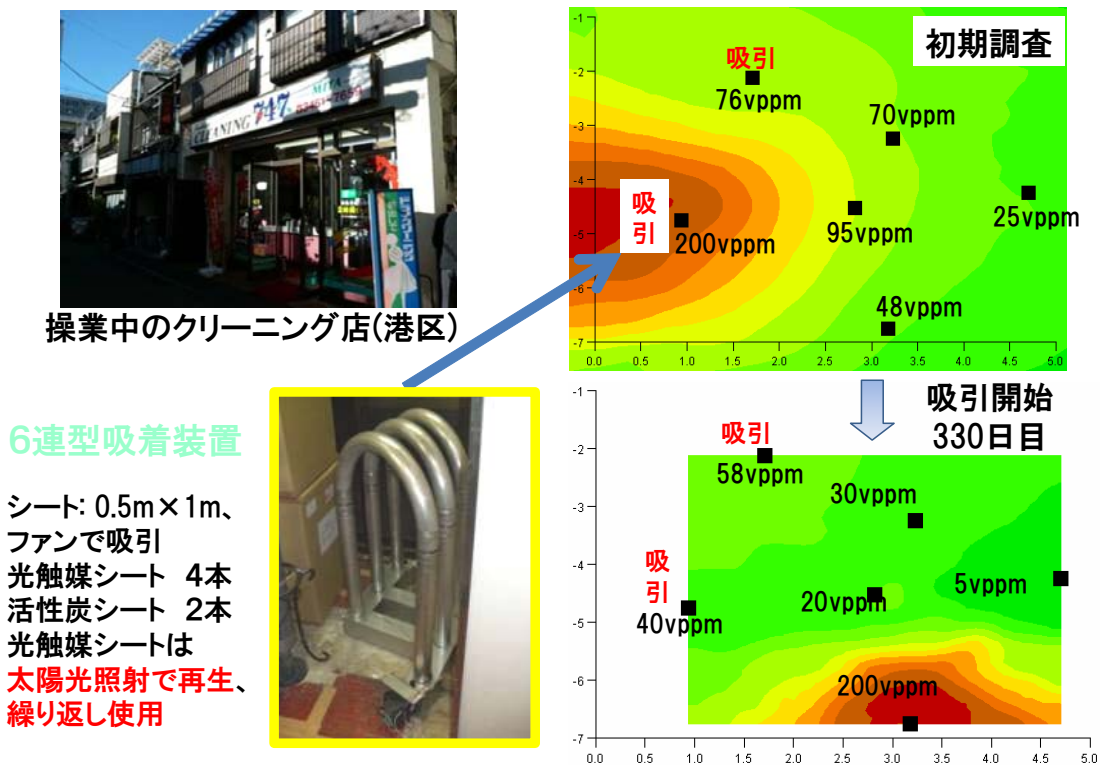


図 5-2-1 VOC 汚染土壌の浄化

IV. 実用化、事業化の見通しについて

1. 実用化までの課題と対応策

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

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

1. 1 光触媒材料に関する実用化・事業化の見通し

高感度光触媒が開発される事により、微弱な紫外光や可視光の条件下で光触媒活性を示す応用製品が開発され、これまでの光触媒の性能では不十分で実用化が困難であった製品分野にも市場が広がる事が期待される。屋内の消臭、VOCの除去、抗菌などの機能が求められる内装材(建材、カーテンなど)、衣類等の繊維製品、空気清浄機やエアコンのフィルター、水処理、土壌浄化等への応用と市場拡大が期待される。また、プロジェクト内で検討が進められている、光触媒によるウィルス不活性化の確認において、可視光型光触媒で、可視光でもウィルス不活性化の機能が確認出来れば、ウィルス対策の新市場への応用が期待される。

1-1-1 Cu/WO₃について(昭和タイタニウム株式会社)

現状、世界最高クラスの可視光応答型光触媒であると期待している。問題は、粉末状態でしか得られていない点にある。今後、他社と共同して、スラリー化、コート剤化の検討を進め、適用化技術開

発を進めていく。実証住宅によって、実用環境下での効果が明らかになっていけば、適した用途も明らかになっていくものとする。応用製品への採用が決まり、定常的な販売量が期待できるようになれば、それに応じた量産化には、目処がついている。TiO₂系材料に比べると、やや高価にせざるを得ないだろうと予想しているが、実用に耐えうる価格での提供は可能であろうと考えている。

1-1-2 Cu/TiO₂について（昭和タイタニウム株式会社、三井化学株式会社）

価格面、耐アルカリ性の問題から、WO₃系ではなく、TiO₂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。現状、昭和タイタニウム株式会社、三井化学株式会社にて得られているCu/TiO₂はNドープ酸化チタン並みの可視光活性を発現しているが、実用性能としては不十分である。したがって、TiO₂系の可視光応答型光触媒の高感度化について、今後も開発を進めていく。Cu/WO₃以上の可視光活性が得られるかどうかは未定であるが、TiO₂系触媒で、白金等の高価な貴金属助触媒を使わない構成成分で実現出来れば、高活性で安価な光触媒が供給出来る可能性が高く、光触媒応用製品の低価格化が図られることで、より広く社会に光触媒応用製品が普及して行くことが期待される。これについては、集中研究室にて良好な成果が得られつつあり、プロジェクト期間内には、量産化検討するターゲット触媒を実験室レベルで得られるようにしたい。

1-1-3 十面体酸化チタンについて（昭和タイタニウム株式会社）

十面体酸化チタン微粒子については、全く新しい気相法の反応装置が必要である。平成21年度に、パイロット設備を建設することを予定している。これによって、5kg/日程度の生産性を目指しており、それが実現すれば、サンプルを配布することが可能となる。市販のTiO₂としては、最高活性の光触媒となり得ると期待しており、サンプル配布が可能になれば、応用研究が進むことを期待している。適用技術開発が進めば、販売量も増加し、そのときには、大型製造装置によって安価に提供できるようにもなると期待している。

いずれの技術においても、素材の販売量は、良好な部材の開発に影響されることは言うまでもない。したがって、本プロジェクトを活用して、実証住宅における試験、部材メーカーとの共同研究を通して、事業として成立する販売量の確保を目指す。そして、プロジェクト終了後の平成24年度には、販売を開始できるようにすることを目標としている。これらの実用化に向けての課題と見通しについて、図1-1にまとめた。

	課題	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度
Cu/WO ₃	<ul style="list-style-type: none"> •分散液・コート剤化 •評価、改良 •部材適用サポート •量産化検討 			販売開始	
Cu/TiO ₂	<ul style="list-style-type: none"> •ドープ併用による高感度化検討 •分散液・コート剤化 •量産化検討 			販売開始	
十面体	<ul style="list-style-type: none"> •パイロット設備建設 •サンプルワーク •製造コストダウン •量産化検討 			販売開始	

図 1-1 3つの新規光触媒技術に関する実用化に向けての課題と今後の見通し

1. 2 光触媒製品の製造面について

実用化及び事業化には実使用環境下での機能維持・耐久性及び製造コストの低下が開発のポイントである。ガラス及び金属樹脂複合板に関して、下記検討を行っている。

1-2-1 大面積成膜技術（日本板硝子株式会社）

新素材である可視光応答型光触媒材料に関して大面積成膜技術（工業プロセス）での適用可否を確認する。

1-2-2 インラインプロセスの適合性（三菱樹脂株式会社）

当該プロセスを、外装用金属樹脂複合板（紫外応答型光触媒）に適用して、施工物件対応で実施中である。また、内装用金属樹脂複合板（市販の可視光応答型光触媒を内装用基材に積層）に応用して、当該プロセスへの適合性を確認できた。本プロジェクトの成果材料についても、検討中の塗布液化が完成すれば基本的に応用できると考えている。

1-2-3 プロセス短縮 2層同時塗布の検討（三菱樹脂株式会社）

光触媒材料に応じた塗布液の液性改良が必要であり、また実用化には部材の広幅化対応及び安定運転の確認が必要である。不可の場合は、現行の逐次2層塗布と同時2層塗布の中間のプロセスとして考えられるWet on Wet法も視野に入れて検討を行う。

1-2-4 光触媒膜厚インラインモニター（三菱樹脂株式会社）

部材へ光触媒膜が確実に積層されているかのインラインモニターについては、転写フィルムの透過率を測定することで、間接的ではあるが品質管理になりうることを確認した。本装置は20年度予算で購入し稼動中である。

1. 3 空気浄化システムについて（盛和工業株式会社）

1-3-1 VOCの分解除去について

光触媒技術には下記の優位性があると考えられる。

1) ランニングコストが安価

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く、ランニングコストが非常に安価になる。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。

2) CO₂、NO_xの排出量抑制

VOC 除去によ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 CO₂ を生成したり大量の NO_x を排出したりすることがない。

3) 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。

4) 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）

①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

②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

③化学工場における作業者に対する環境改善

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

1-3-2 除菌・除ウイルス

以前より医療現場での空気浄化にはHEPAフィルターをはじめとする高性能フィルターが充分除去能力を有しており、多く使われている。ただし、ランニングコストが高いことやフィルター上に残った菌に触れると感染するため処理時の取扱など問題がある。これに対し光触媒技術は紫外線が照射されていればフィルター上の細菌を分解できるメリットがあり、高性能フィルターを使用するより安全性が高いといえる。また交換部材が少ないことからランニングコストも抑える事が可能である。その他殺菌灯による殺菌、オゾン薫蒸など様々な方法で除菌対策がなされているが、光触媒技術はそれらを上回る除菌性能があり、また人体に対する安全性が高く、ランニングコストが安価で抑えられ

るという特長をもった技術であることから、今後の感染対策に大変有効であると考え、
今後は実証試験を行い、市場性を調査していく。

1-3-3 PFC ガスの分解除去について

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。

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。

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、CO₂や、NO_x を副生成する問題がある。環境に配慮した社会に向かいつつある現状ではニーズは高いと考えられる。またランニングコストの面でも優位性が見られることから費用対効果の面からもユーザーに受け入れられやすいと考える。

1. 4 光触媒内装部材製品について (TOTO 株式会社)

VOC 分解内装建材及びコート剤については新規開発塗膜により分解活性向上及び塗膜強度向上させることができたが、経時的な光触媒の活性低下がみられる場合があった。安定した性能を維持するためにも今後さらに現象把握と光触媒の選択、塗膜改良が必要であり、検討を進める。

屋内水回り向け防汚商品については、UV 型光触媒を用いた塗膜の効果検証で実用性を確認できた。可視光光触媒では可視光光触媒自身の親水性のスクリーニング評価を行ったが、コーティング液化、塗膜下など今後詳細検討が必要である。導入した機器を活用し、塗装方法の検討によりコスト削減、製品安定性の向上を進めていく。

波及効果については、塗膜強度、光触媒の活性を活かす構造など新規開発塗膜による応用分野の拡大等が期待できる。