

「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」

議題5 プロジェクトの概要 (公開)

5-2. 研究開発成果、実用化・事業化の見通しについて

東京大学 橋本和仁 PL

平成24年11月1日(木)

1 / 34

3. 研究開発成果について (1)目標の到達度

公開

光触媒産業拡大のための課題

- 機能要因 (市場からの要請)** 可視光感度10倍へ
室内用途拡大が期待できる
紫外光感度2倍へ
産業用途拡大が期待できる

- コスト要因** 作製プロセスの革新で、
コーティングコスト高を解消

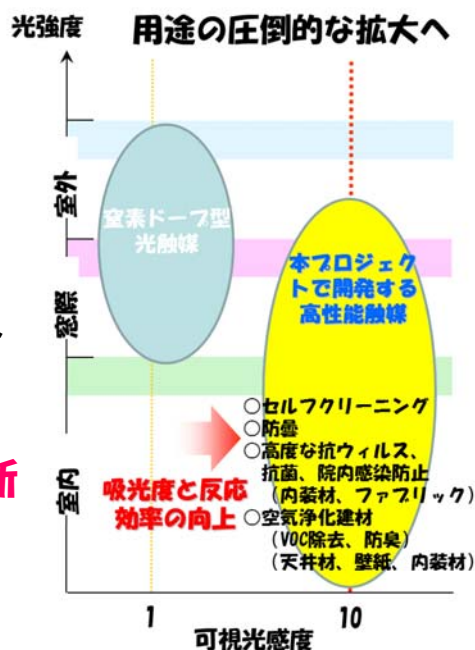
- 市場要因** 正しい評価基準をつくり良い製品のみ
を市場に供給

サイエンスに遡り基礎からのチャレンジで技術革新

- 理論設計された触媒材料の開発
光触媒の反応性向上

- 革新的高感度光触媒開発

共通サイエンスの構築、基盤技術の確立とともに
光触媒の新機能創出、新分野開拓



2 / 34

個別研究開発項目の目標と達成状況

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

① 光触媒共通サイエンスの構築 新規可視光応答型光触媒の創製

新たに開発した可視光応答型光触媒

Cu系化合物/WO₃



中間報告時報告 (2009年)

Cu系化合物/TiO₂



本報告(2012年)

Fe系化合物/TiO₂



本報告(2012年)



従来の酸化チタン



TiO_{2-x}N_x

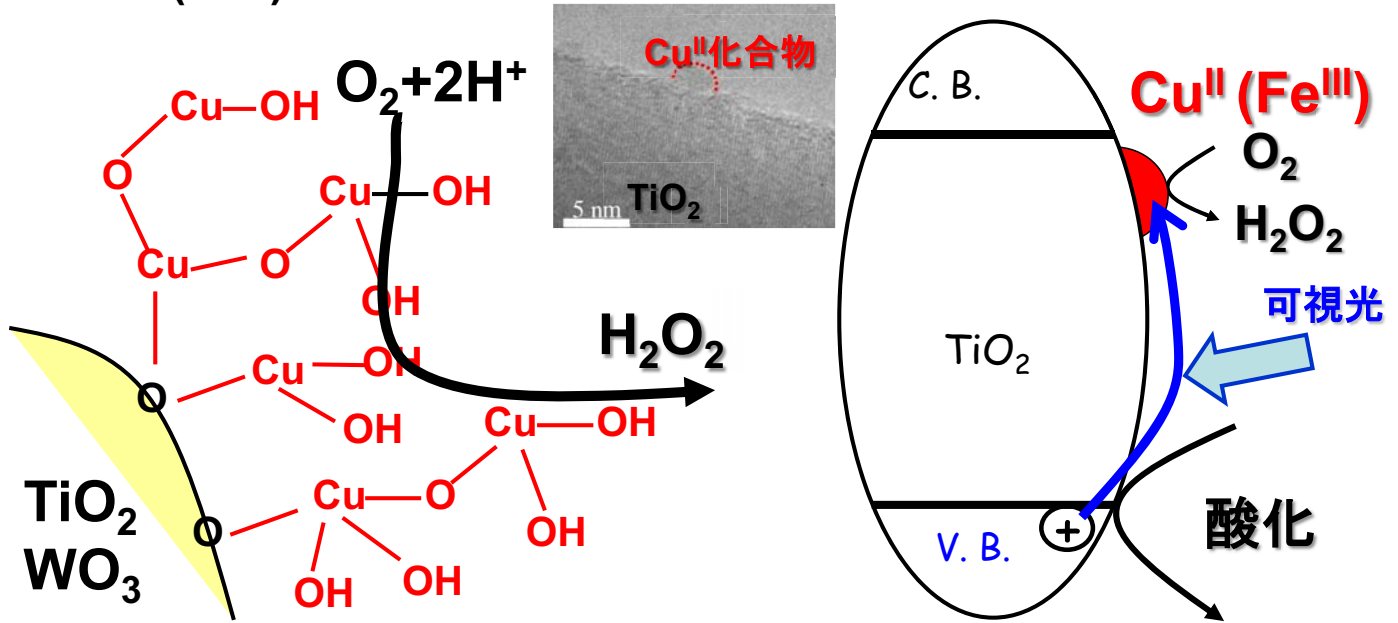
① 光触媒共通サイエンスの構築 新規可視光応答型光触媒の創製

2つの科学的基礎発見を基にして創製

酸素多電子還元触媒

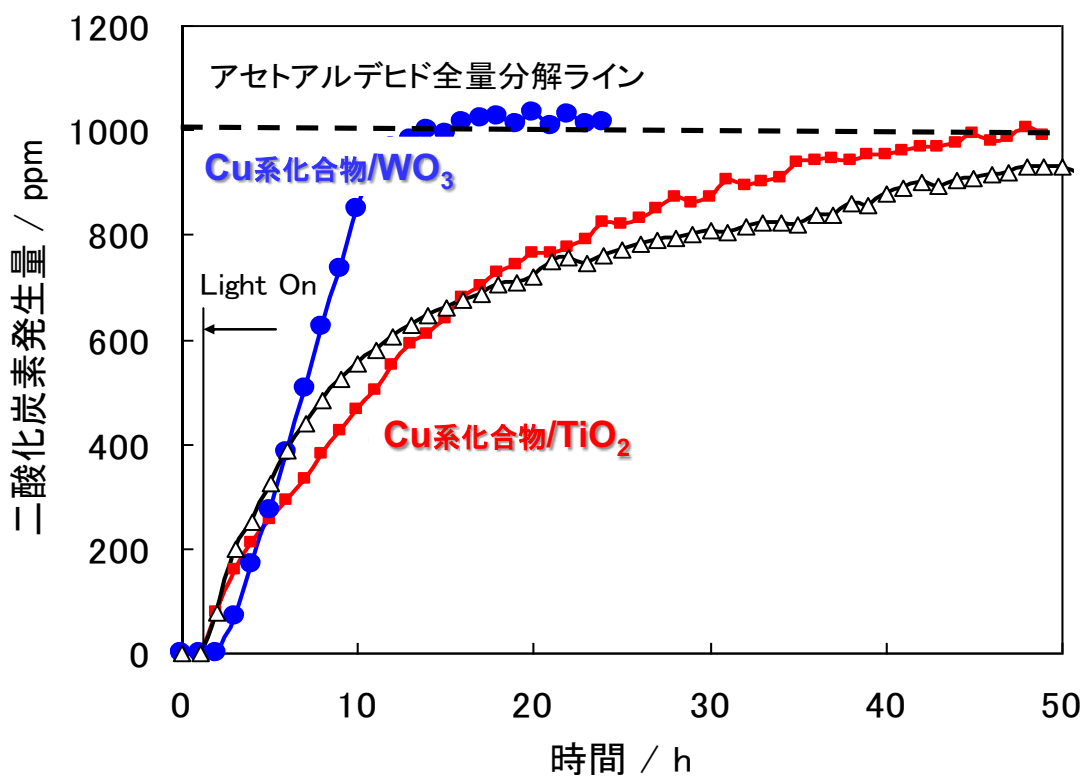
Cu^{II} (Fe^{III}) ナノクラスター

界面電荷移動型光励起



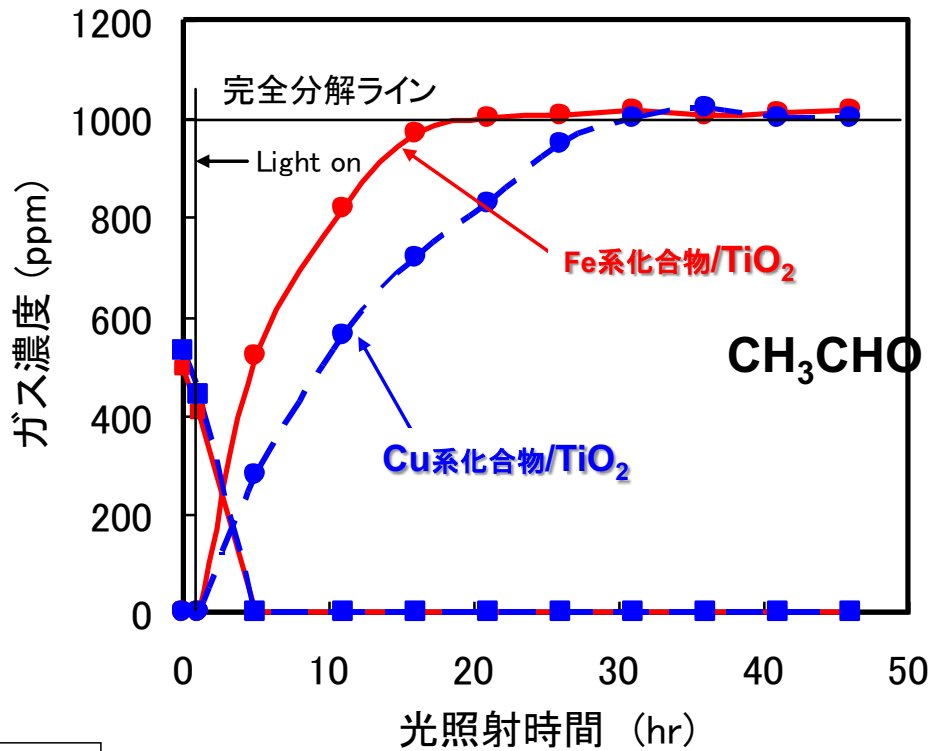
① 光触媒共通サイエンスの構築 新規可視光応答型光触媒の創製

パイロット生産品Cu修飾触媒の光触媒活性(中間評価時)



① 光触媒共通サイエンスの構築 新規可視光応答型光触媒の創製

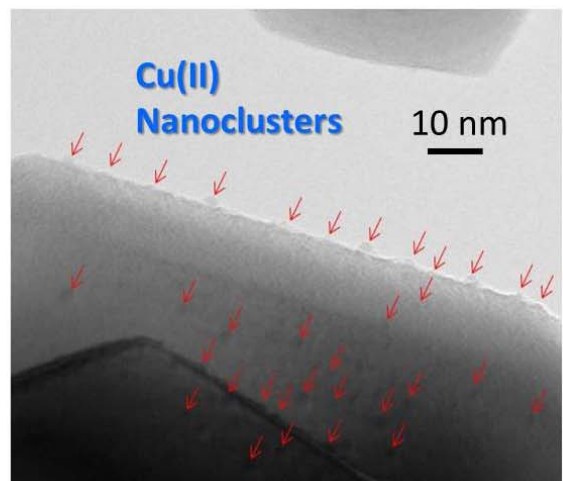
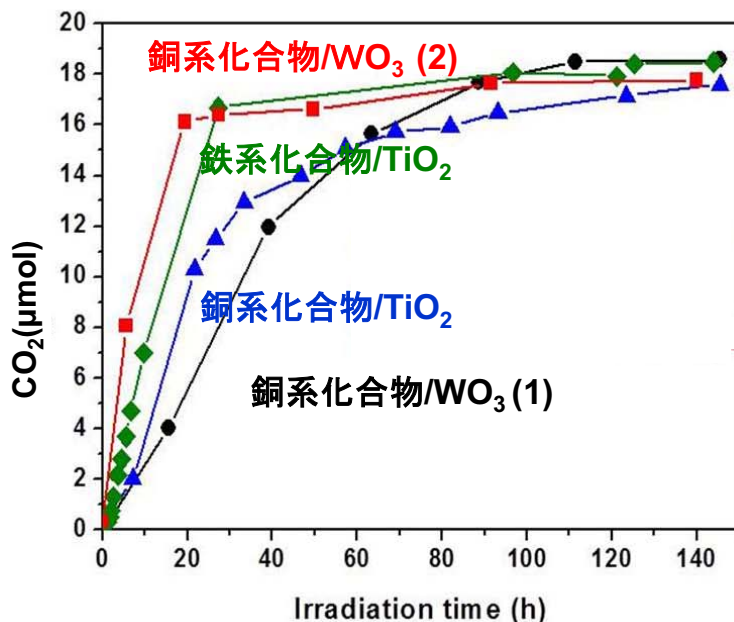
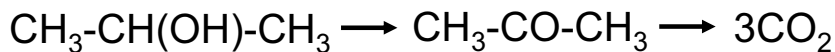
可視光型光触媒の活性(事業終了時)



① 光触媒共通サイエンスの構築 新規可視光応答型光触媒の創製

種々の可視光型光触媒の活性

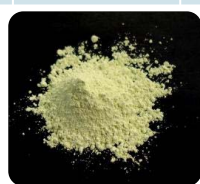
2-プロパノールの分解



① 光触媒共通サイエンスの構築 新規可視光応答型光触媒の創製

可視光応答型光触媒のIPA分解活性

Sample	TiO _{2-x} N _x	Cu系化合物/WO ₃ ⁻ (1)	Cu系化合物/TiO ₂	Fe系化合物/TiO ₂ -(1)	Fe系化合物/TiO ₂ -(2)	Fe系化合物/TiO ₂ -(3)	Cu系化合物/WO ₃ -(2)
Rp ^a (quanta/s)	4.1 × 10 ¹⁵	3.9 × 10 ¹⁵	0.77 × 10 ¹⁵	0.82 × 10 ¹⁵	1.5 × 10 ¹⁵	0.78 × 10 ¹⁵	4.0 × 10 ¹⁵
RCO ₂ ^b (mmol/h)	0.16	0.47	0.17	0.44	0.66	0.64	0.83
QE (%)	3.9	12	22	54	46	62	21



Cu系化合物/WO₃



Cu系化合物/TiO₂



Fe系化合物/TiO₂

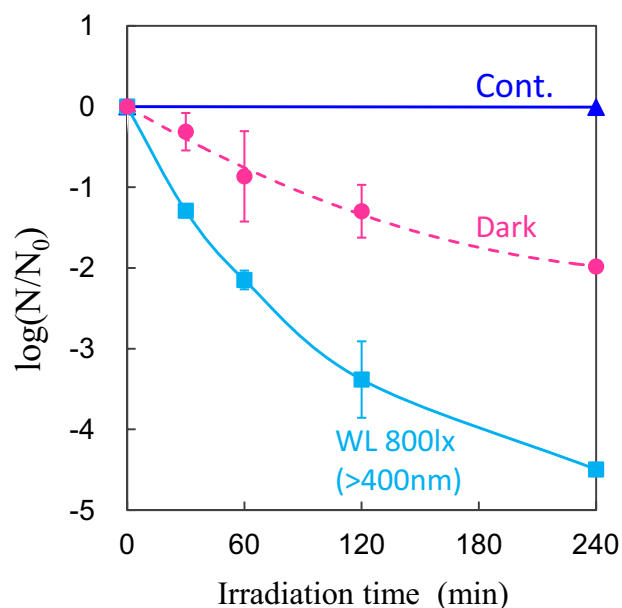
TiO_{2-x}N_xと比較して10倍以上の活性をもつ
光触媒材料の創製

① 光触媒共通サイエンスの構築 新規可視光応答型光触媒の創製

Cu系化合物/TiO₂の抗菌・抗ウイルス活性

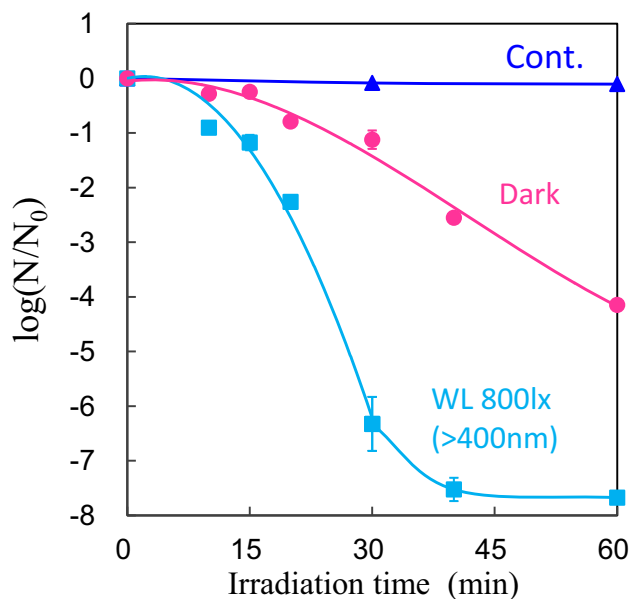
抗菌活性

E. Coli (大腸菌)



抗ウイルス活性

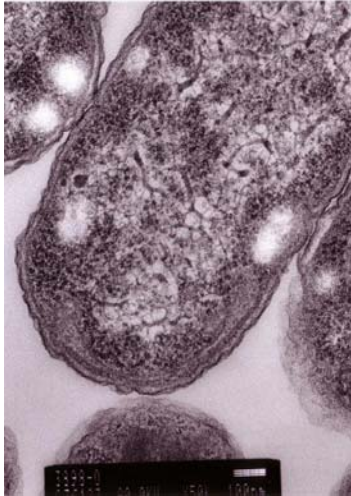
Qβ phage (ファージ)



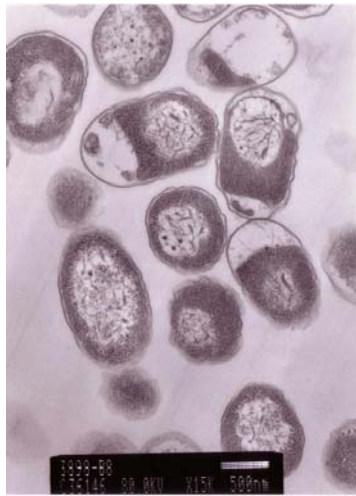
① 光触媒共通サイエンスの構築 新規可視光応答型光触媒の創製

TEMによる大腸菌の観察

可視光照射下、Cu系化合物/TiO₂上での大腸菌の変化



0h (50k)

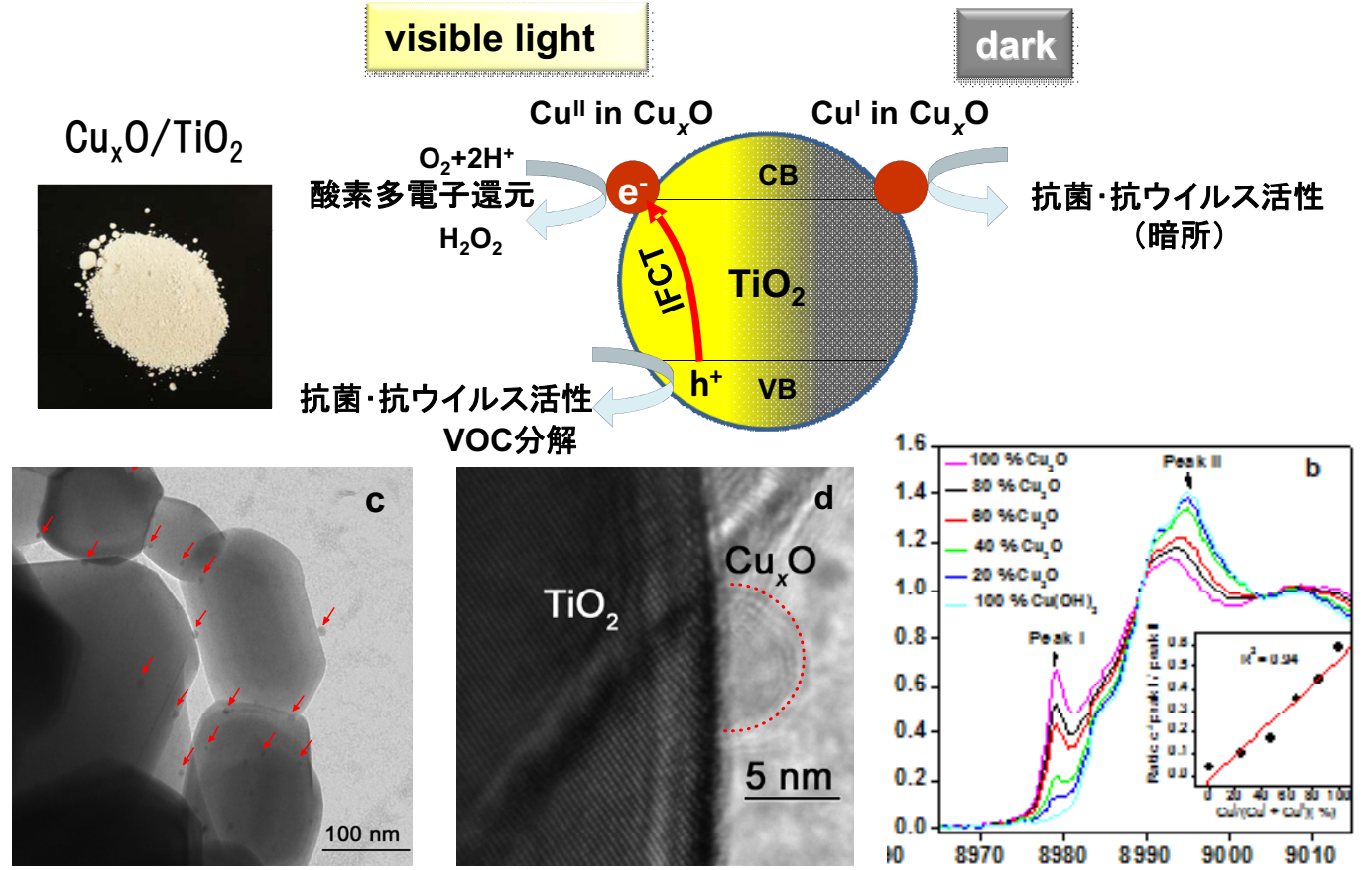


8h (15k)

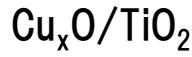


24h (50k)

① 光触媒共通サイエンスの構築 新規可視光応答型光触媒の創製

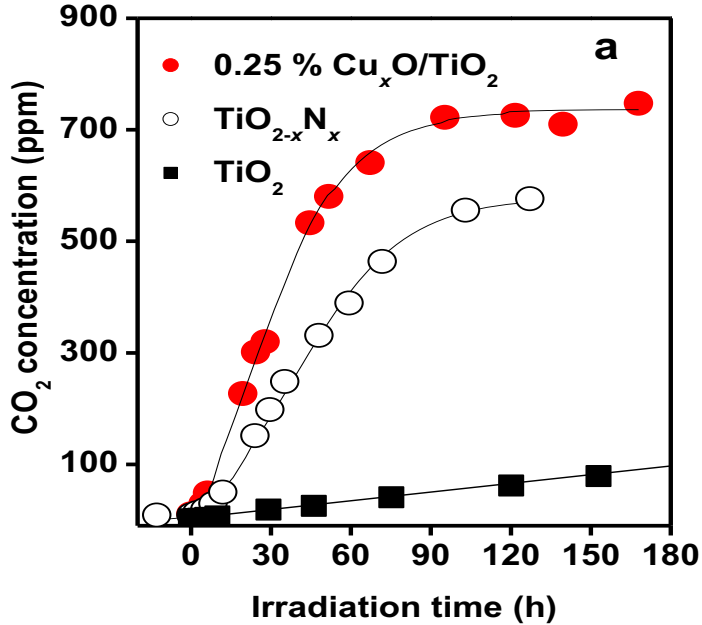


① 光触媒共通サイエンスの構築 新規可視光応答型光触媒の創製



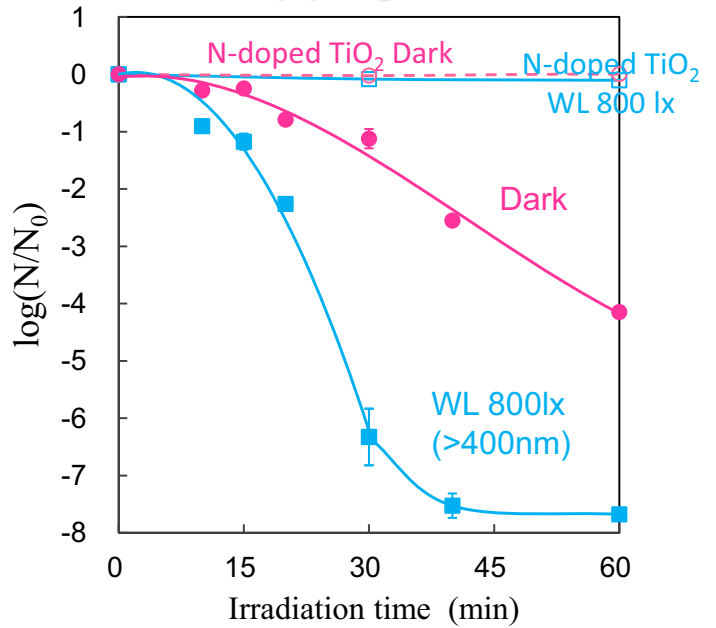
VOC 分解活性

2-propanol分解



抗ウイルス活性

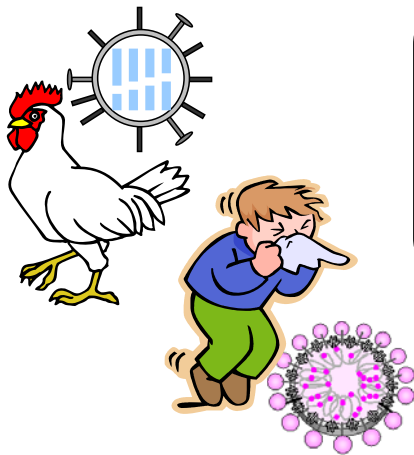
Qβ phageを対象



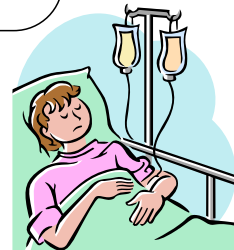
① 光触媒共通サイエンスの構築 可視光応答型光触媒の応用

可視光光触媒の室内空間への応用

VOC分解、脱臭効果
抗菌・抗ウイルス効果



トリインフルエンザ
SARS
院内感染症
狂牛病(プリオン)



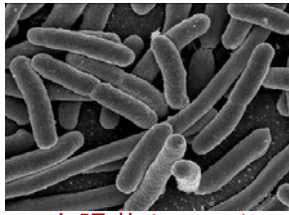
抗菌・抗ウイルス材料の必要性

医療機関・老人介護機関・空港・港湾・畜舎など

① 光触媒共通サイエンスの構築 可視光応答型光触媒の応用

感染症で問題となる細菌

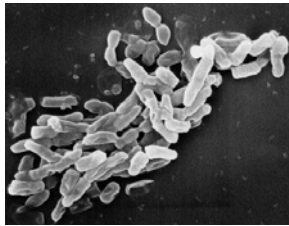
グラム陰性細菌



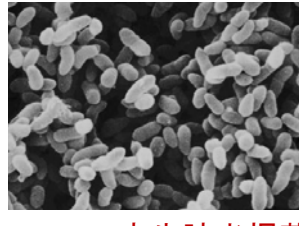
大腸菌 (*E. coli*)



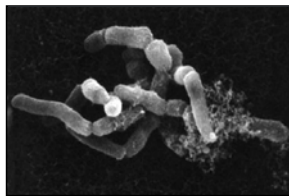
多剤耐性緑膿菌 (MDRP)



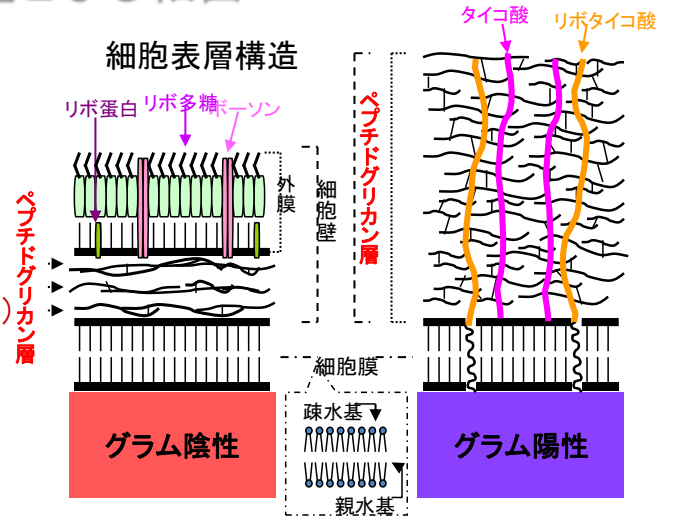
セラチア (*Serratia*)



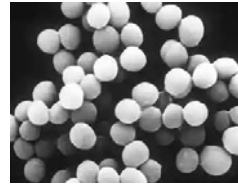
NDM-1産生肺炎桿菌



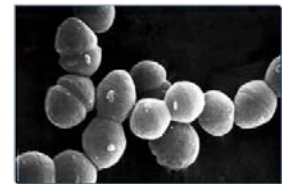
多剤耐性アシネトバクター (MDRA)



グラム陽性細菌



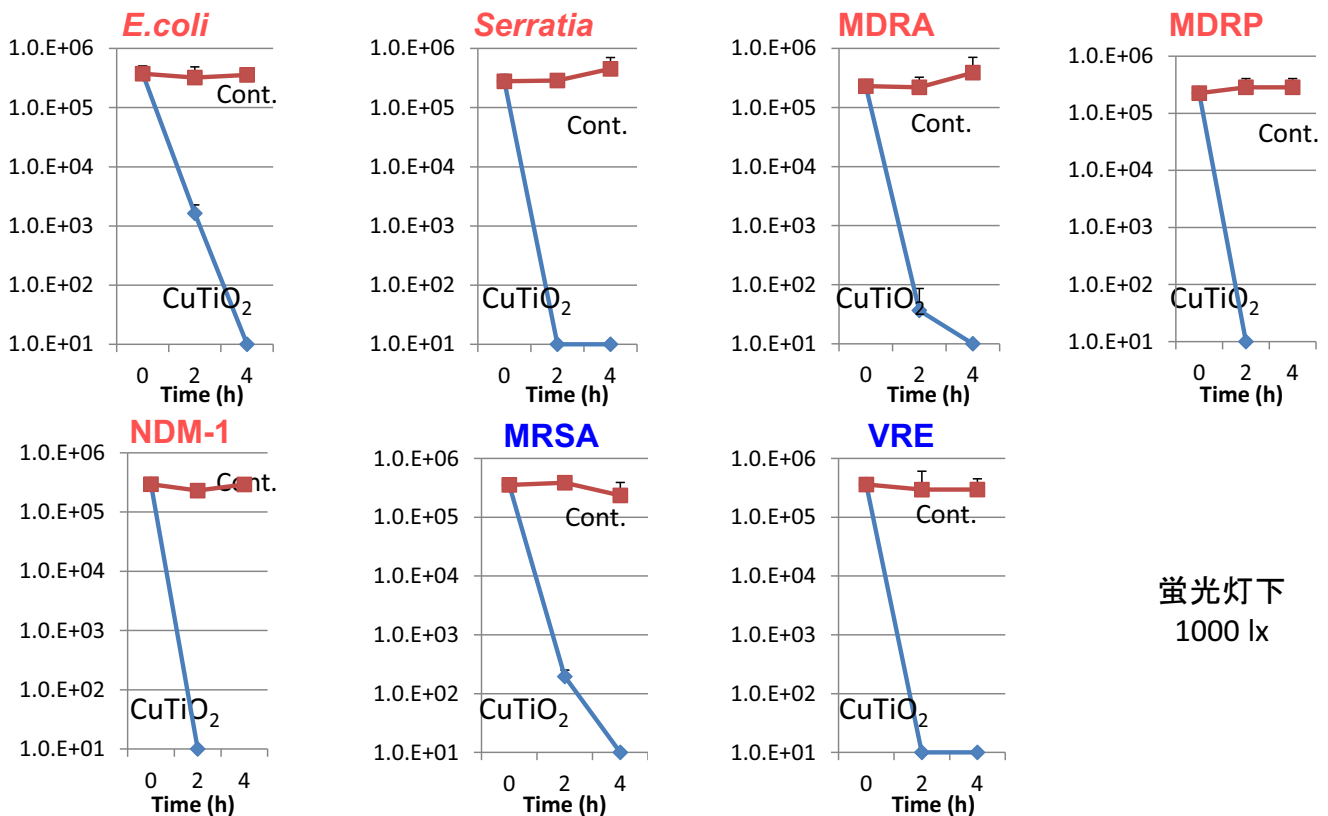
メチシリン耐性黄色ブドウ球菌 (MRSA)



バンコマイシン耐性腸球菌 (VRE)

① 光触媒共通サイエンスの構築 可視光応答型光触媒の応用

Cu系化合物/TiO₂の種々の菌に対する抗菌効果

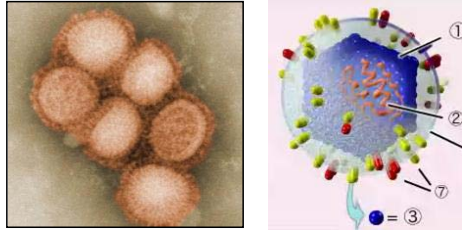


① 光触媒共通サイエンスの構築 可視光応答型光触媒の応用

身近な感染症のウイルス

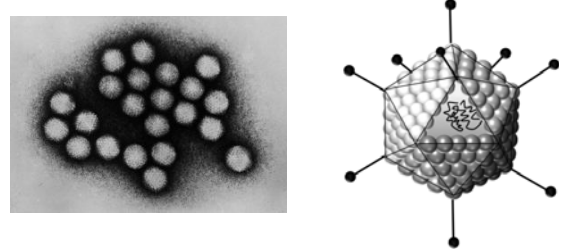
Influenzavirus, Flu
(インフルエンザウイルス)

diameter: 80-120nm



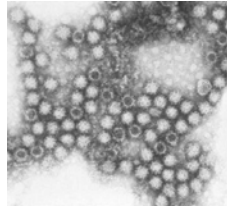
Adenovirus, ADV
(アデノウイルス)

diameter: 70-90nm



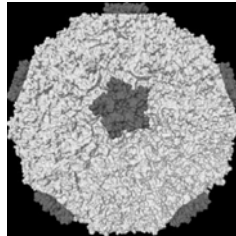
Feline calicivirus, FCV
(ネコカリシウイルス)

ノロウイルス代替
diameter: ~30 nm



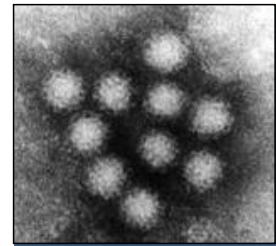
Rhinovirus, HRV
(ライノウイルス)

風邪のウイルス
diameter: 28-30nm



Norovirus, NoV
(ノロウイルス)

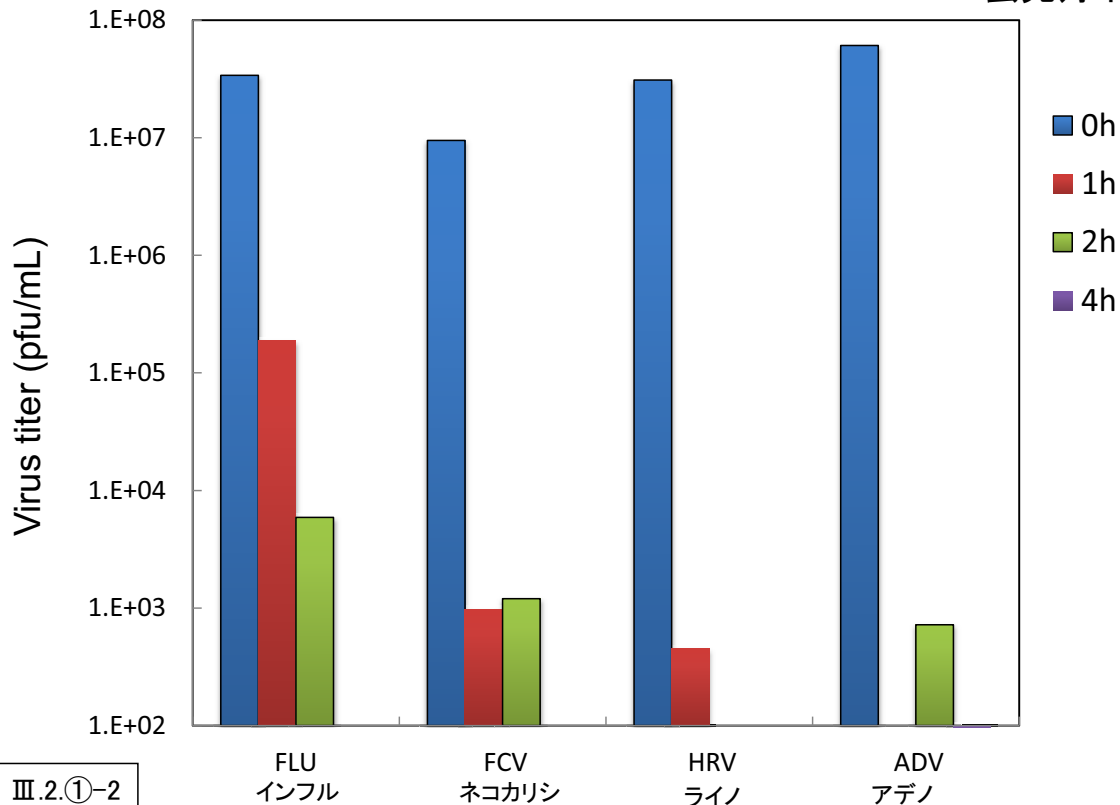
diameter: 30-38nm



① 光触媒共通サイエンスの構築 可視光応答型光触媒の応用

Cu系化合物/TiO₂の種々のウイルスに対する抗ウイルス効果

蛍光灯下 1000 lx



② 光触媒基盤技術の研究開発 昭和タイタニウム(株)

可視光応答型光触媒の量産化

科学的な基礎原理を基にした多種類の高活性な可視光光触媒の創製 (アカデミア)

高活性

VOC分解活性が極めて高い

Cu系化合物/WO₃



Fe系化合物/TiO₂



量産化
コーティング剤化



高活性+抗ウイルス・抗菌性

Cu系化合物/TiO₂



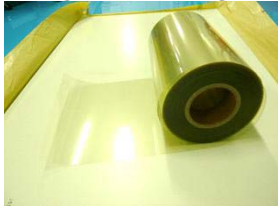
Cu系化合物/TiO₂



各社・各種の製品への利用

⑤ 光触媒新産業分野開拓 ウイルス不活化システムの構築

フィルム (パナソニック)



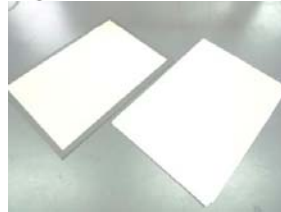
タイル (TOTO)



ガラス (日本板硝子)



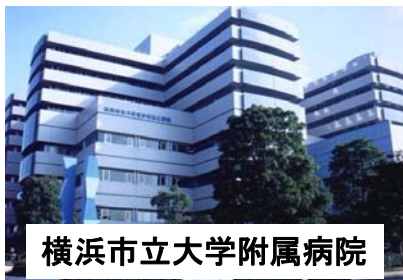
内装建材 (積水樹脂技術研究所)



空気清浄機 (盛和工業)



実用化製品に近いもので、公共施設(空港・病院)にて、実証試験



横浜市立大学附属病院



北里大学病院



新千歳空港



⑤ 光触媒新産業分野開拓 ウィルス不活化システムの実証試験

光触媒塗料で壁面を塗装

可視光光触媒タイル、塗料:TOTO(株)

多目的トイレ



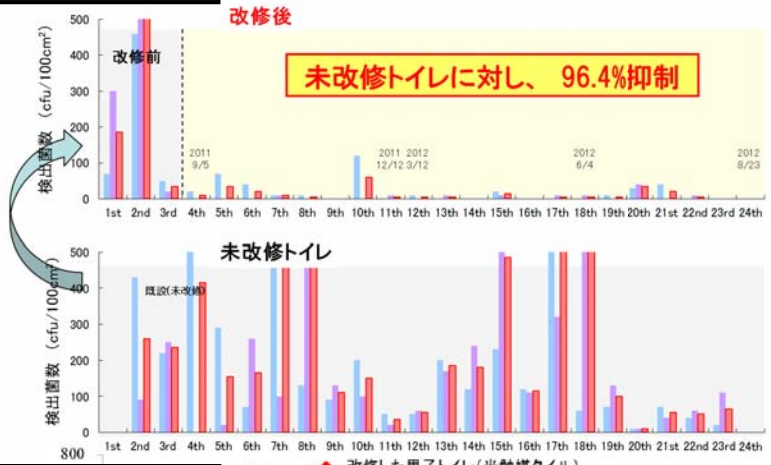
横浜市立大学附属病院

男子トイレ

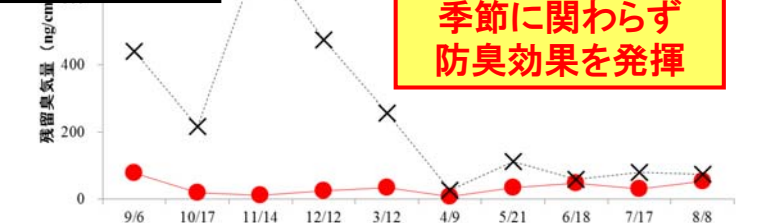


光触媒タイルで壁も床も改修

洗面台周辺



小便器周辺



⑤ 光触媒新産業分野開拓 ウィルス不活化システムの実証試験

新千歳空港 カート



film applied

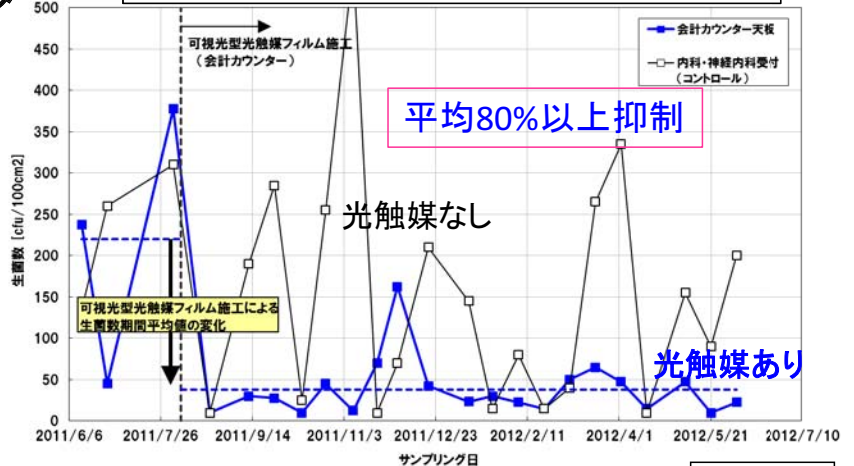
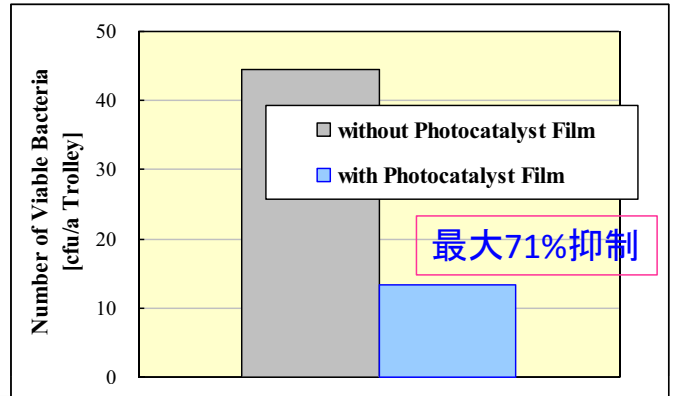
横浜市立大学附属病院 受付カウンター



film applied

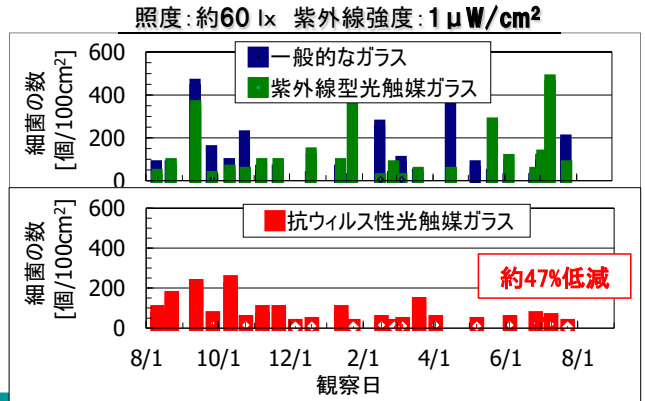
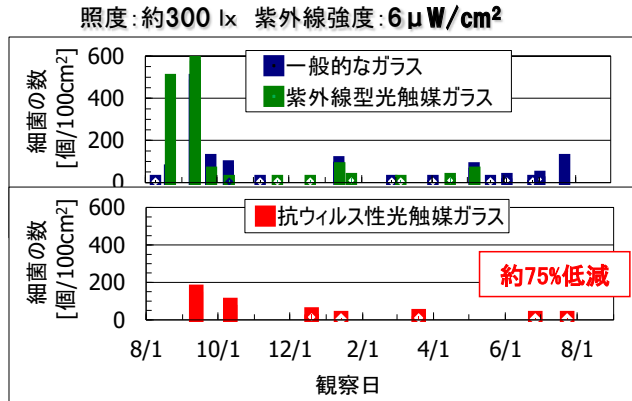
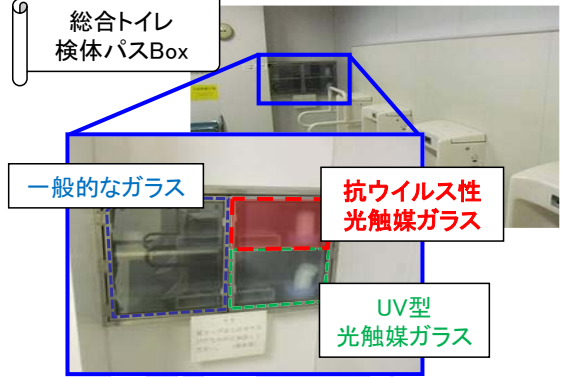
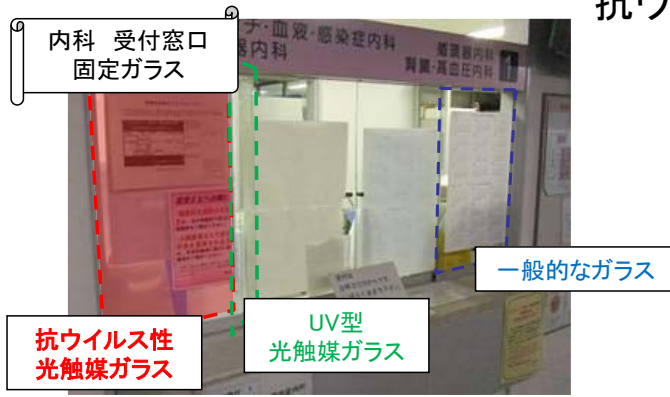
film applied

可視光光触媒フィルム:パナソニック(株)



⑤ 光触媒新産業分野開拓 ウイルス不活化システムの実証試験

抗ウイルス性光触媒ガラス: 日本板硝子(株)



横浜市立大学病院を利用した実使用環境下においても、
抗ウイルス性光触媒ガラスは、高い細菌低減効果(抗菌性)を發揮。

⑤ 光触媒新産業分野開拓 ウイルス不活化システムの実証試験

内装建材: (株)積水樹脂技術研究所

水廻りでの抗菌効果(実環境)

実環境の水廻りに発生する菌を低減

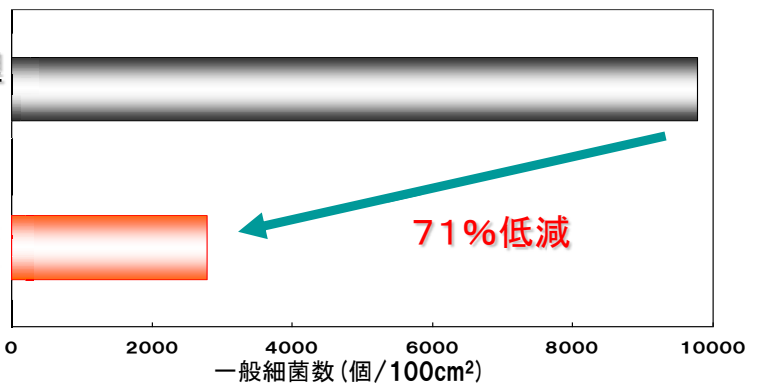
■ シャワー室壁面(北里大学病院皮膚科)



照度: 50 lx 紫外線強度: 0 μW/cm²

未処理
建材

開発
建材



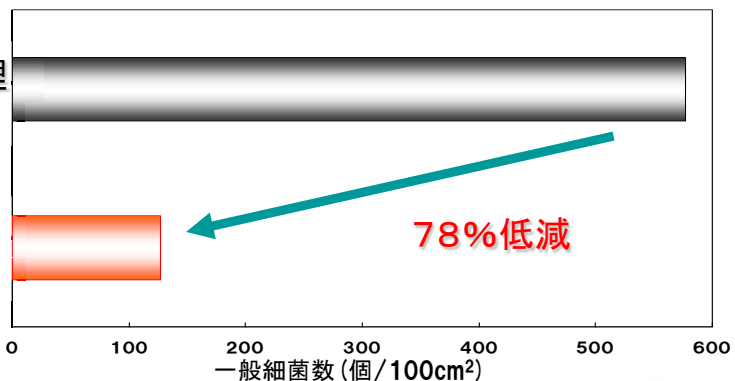
■ トイレ洗面台 台上(北里大学病院皮膚科)



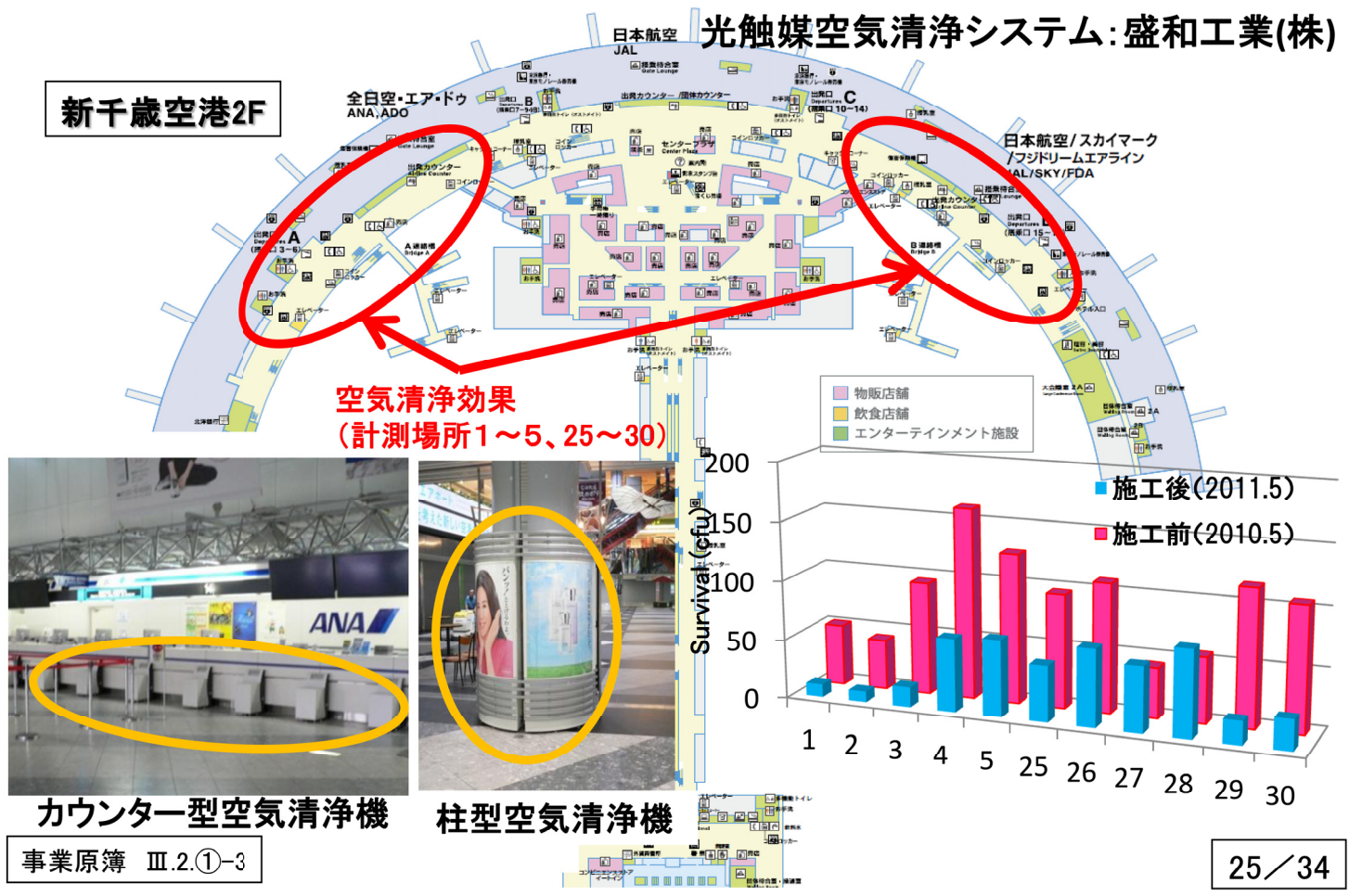
照度: 190 lx 紫外線強度: 0.8 μW/cm²

未処理
建材

開発
建材



⑤ 光触媒新産業分野開拓 ウィルス不活化システムの実証試験

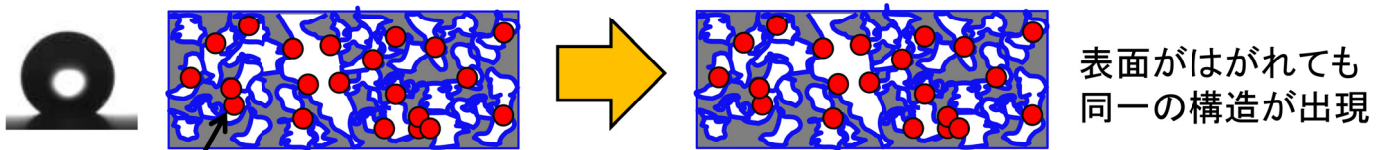


④ 酸化チタンの新機能創出

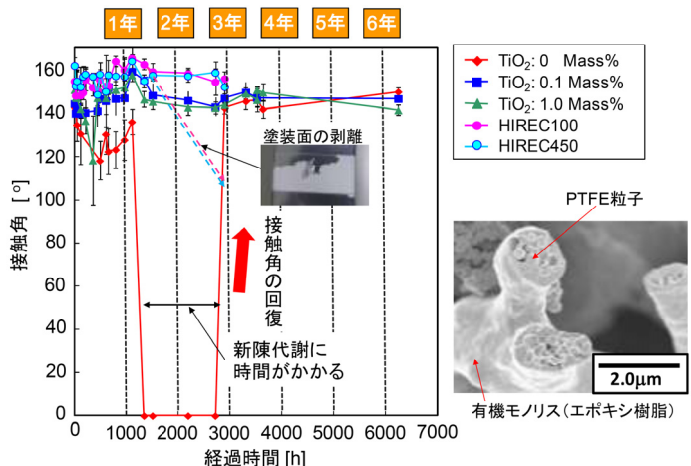
最終目標;撥水性酸化チタン膜や強磁性等の酸化チタンの新機能の創出。

達成できた

撥水性修復機能を持つ高撥水材料の開発 KAST中島G



○促進耐候性試験



- ・ 紫外線吸収によるポリマー劣化の抑制
- ・ 紫外線により劣化したポリマー表面を分解、剥離

生物の新陳代謝機能の模倣

⇒ 6年相当

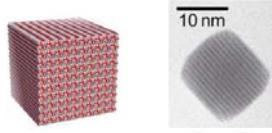
④ 酸化チタンの新機能創出

光触媒を原料とする黒色酸化チタン
ナノ微粒子の合成と新機能 東大大越G

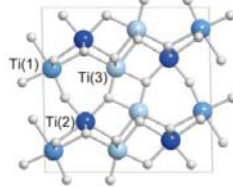
室温光誘起相転移

世界初

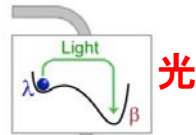
ラムダ型一五酸化三チタン (λ - Ti_3O_5)



λ - Ti_3O_5
金属的

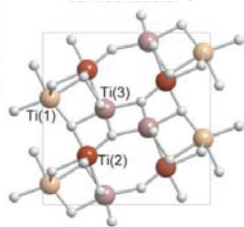


世界初

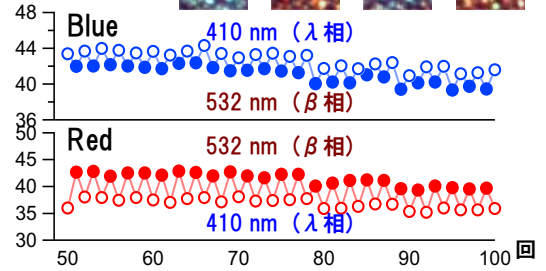
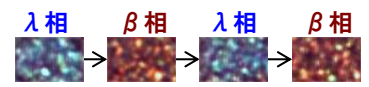


光

β - Ti_3O_5 半導体



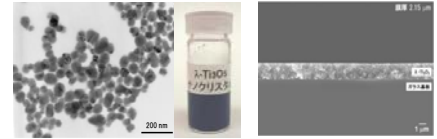
高い光可逆性



実用化に向けて

1. 高密度光記録、多層光記録に向けて

コート液の作製
ナノ薄膜作成

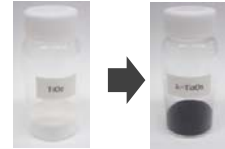


光ディスクの試作



2. 量産化に向けて

光触媒 λ - Ti_3O_5



特許出願・論文発表の状況

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

平成24年10月17日現在

人材育成

PJ研究に携わった人材が、自らが主催する独立した研究室を立ち上げた。

PJ開始当初

PJ終了時

【東大集中研】

集中研、橋本研、渡部研、瀬川研
大越研、立間研
大谷研(北海道大学)
野坂研(長岡技術科学大学)
横野研(九州工業大学)
古南研(近畿大学)



【東大集中研】

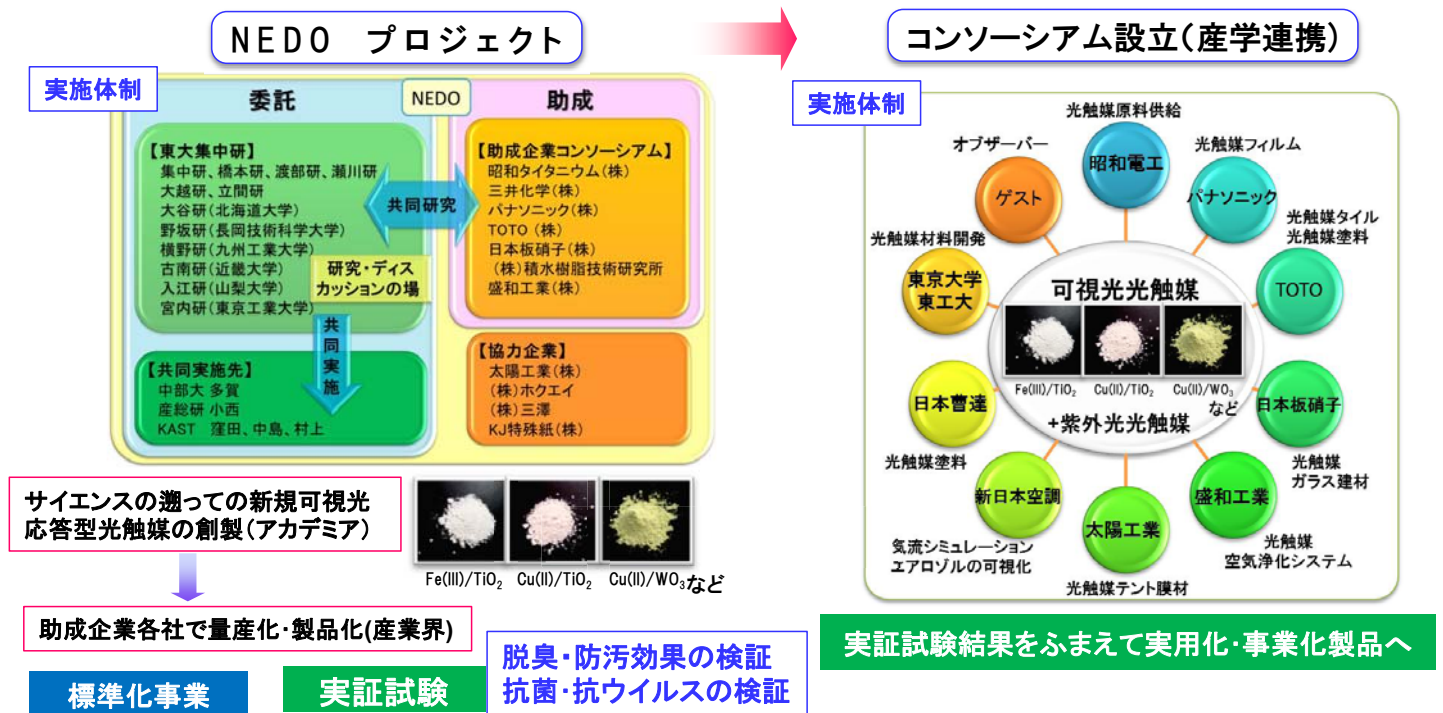
集中研、橋本研、渡部研、瀬川研
大越研、立間研
大谷研(北海道大学)
野坂研(長岡技術科学大学)
横野研(九州工業大学)
古南研(近畿大学)
入江研(山梨大学)
宮内研(東京工業大学)

本プロジェクトに参加した研究員

- 任期付き研究員(PD): Dr. K.Y. ⇒ 民間(韓国 光材料開発会社)
: Dr. L.H. ⇒ 大学(中国北京 K大学 准教授)
: Dr. Y. H. ⇒ 大学(中国武漢 K大学 教授)
: Dr. Q. X. ⇒ 大学(中国福州 F大学 准教授)
: Dr.M.M. ⇒ 大学(日本 O大学 助教)

4. 実用化、事業化の見通しについて (2) 事業化までのシナリオ

新規可視光型光触媒材料による市場拡大のために :コンソーシアムの設立(2012年)



評価法の確立(JIS, ISO) 横浜市立大学附属病院・北里大学病院・新千歳空港

事業化までのシナリオ

	2007	2008	2009	2010	2011	2012 ~ 2015	2015 ~ 2020近傍
①共通サイエンスの構築	新規光触媒材料の開発					●	
②光触媒基盤技術の研究開発		↓	量産化検討 昭和タイタニウム	成膜技術の開発 日本板硝子		→ 実用化	→ 事業化
③高感度可視光応答型光触媒利用内装部材の開発			内装部材の開発	パナソニック、TOTO、日本板硝子、積水樹脂	●	↓	↓
⑤光触媒新産業分野開拓			実証評価(空港・病院)	パナソニック、TOTO、日本板硝子、積水樹脂、盛和工業		↓	↓
④酸化チタンの新機能創出			撥水材料	磁性材料	●	サンプルワーク	サンプルワーク

●:基本技術確立

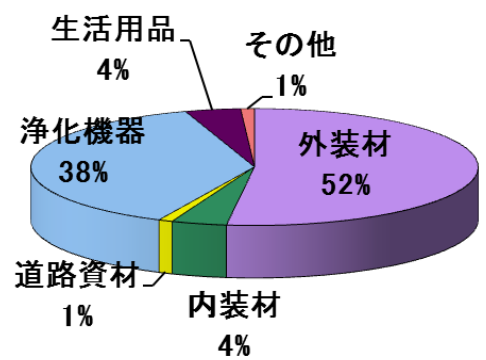
事業化された際のマーケット拡大効果

助成事業者による事業化が進んだ際

- 平成28年(5年後)
- 光触媒塗料、コーティング剤
- 内装建材(戸建住宅及びビルの内装材)
- 水廻り建材(トイレ、浴室、キッチンなど)
- 医療・衛生建築の内装建材
- 空調機器分野
- 配線器具分野
- 水浄化システム分野
- 家電分野

206億円/年のマーケット拡大見通し

2011年光触媒製品の内訳



2017年光触媒製品の内訳

