

産総研サイエンスカフェ 2006/12/22

自然の力で環境を守る

－光触媒のお話－

独立行政法人 産業技術総合研究所
環境管理技術研究部門 竹内浩士

パート1 光触媒ってなあに？

空気浄化技術を中心に

パート2 環境問題と光触媒の今後

産総研サイエンスカフェ 2006/12/22

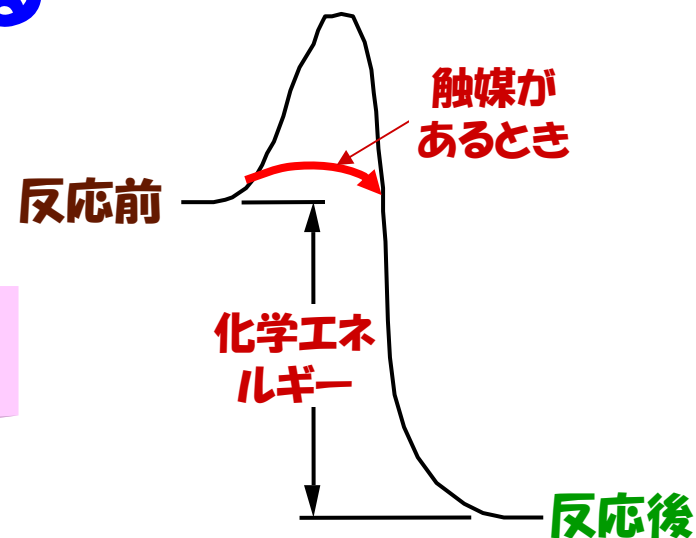
パート1：光触媒ってなあに？

- **そもそも触媒とは？**
- **光触媒の働き**
- **研究開発の歩み**
- **空気浄化とその材料・装置**
- **屋外大規模評価試験結果**
- **その他の機能(セルフクリーニング、防曇、抗菌)**

そもそも触媒とは？

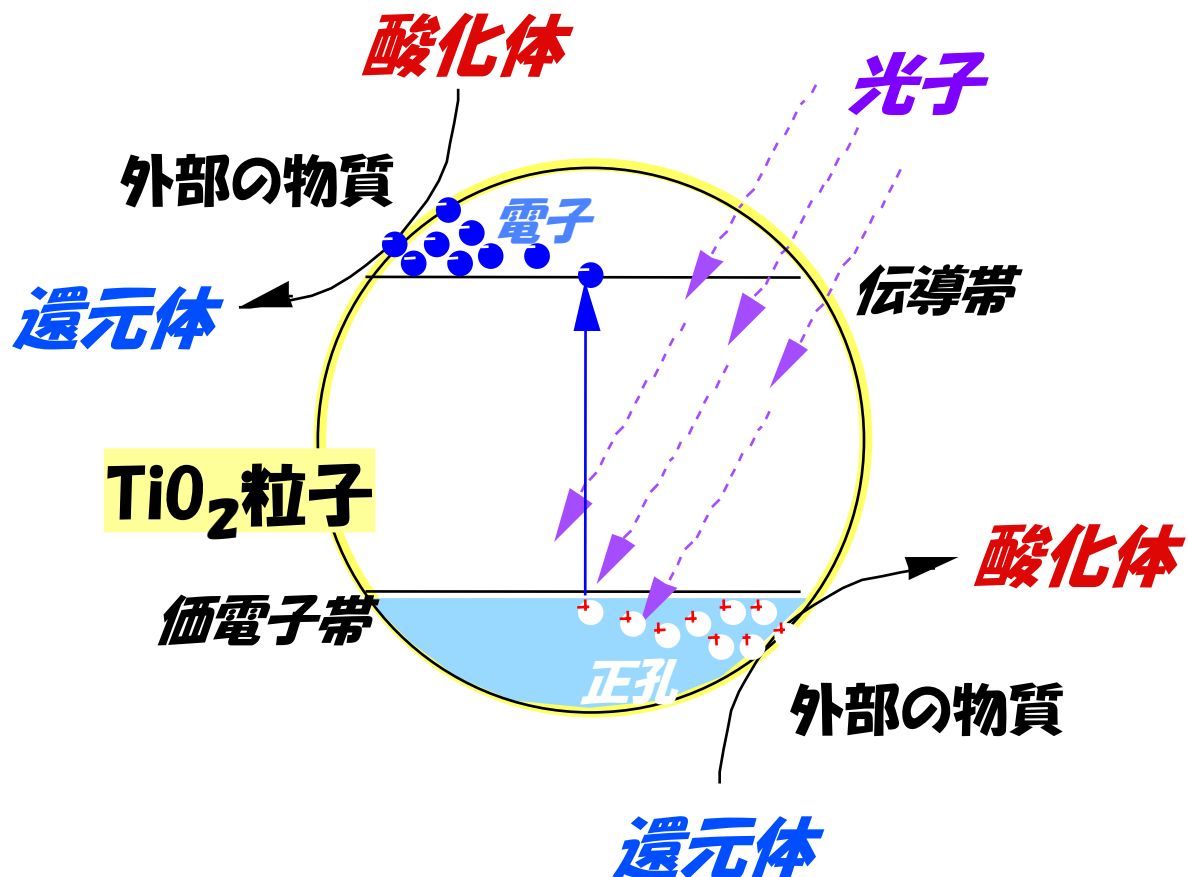
- 化学反応を仲介して反応を進める物質
- 触媒は変化せず、繰り返し使える
- 省エネルギーで必要な物質を製造する
- 環境負荷物質を分解・除去する
- 特定の温度で効率よく働く

身近な例： 使い捨てカイロ

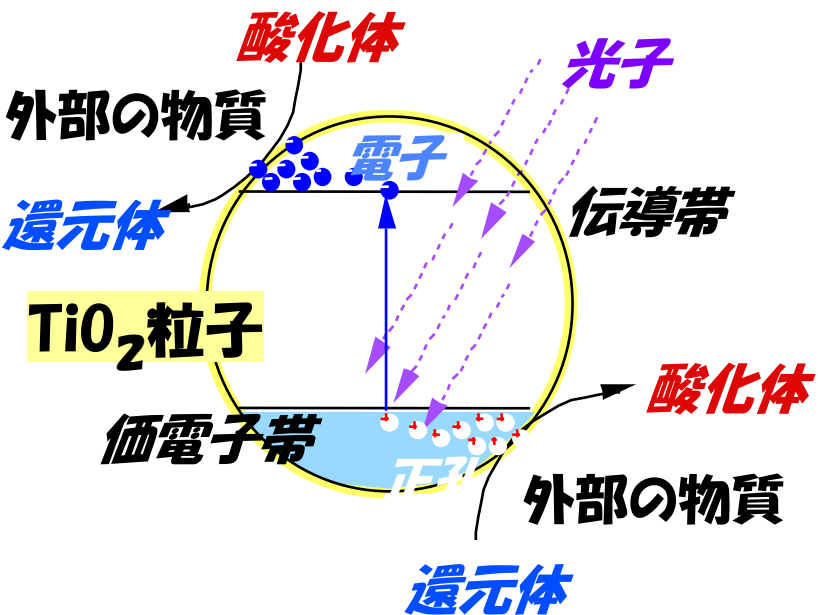


では光触媒とは？

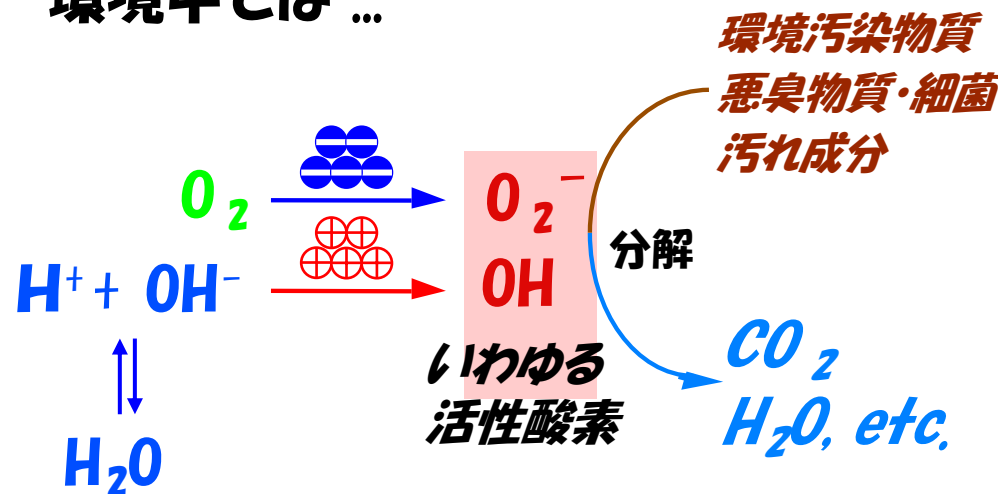
- 光によって触媒作用を起こす物質
- 通常は起こらない反応も可能にする



光触媒の働き



環境中では ...



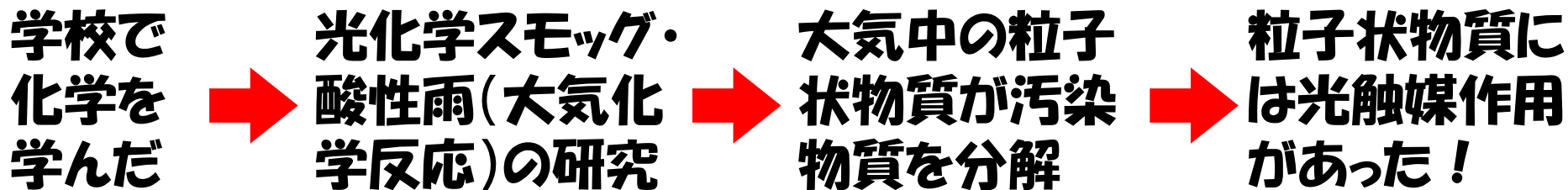
防曇・抗菌・防汚・脱臭・汚染物質分解

表面の機能維持 ↔ 周辺環境への働きかけ

※常温・常圧で低濃度の物質をそのまま処理できる

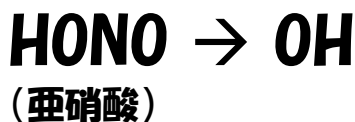
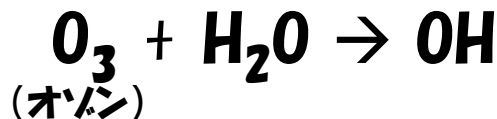
OHラジカル：天然の浄化機構

研究のきっかけ



環境汚染物質はどこへ行く？

大気中にも
OHラジカルが



$$[\text{OH}]_{\text{max}} = 10^6 \text{ 個/cm}^3 = 0.04 \text{ ppt}$$

活性酸素は危ない？

活性酸素 ← 老化？

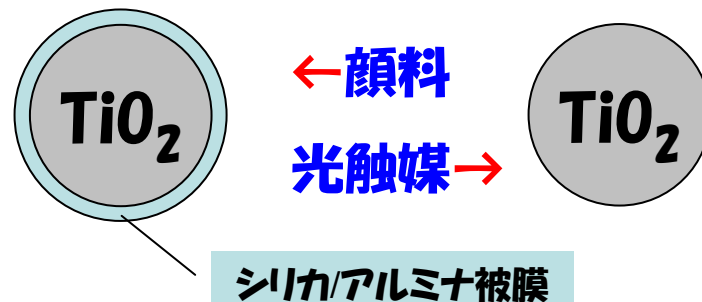
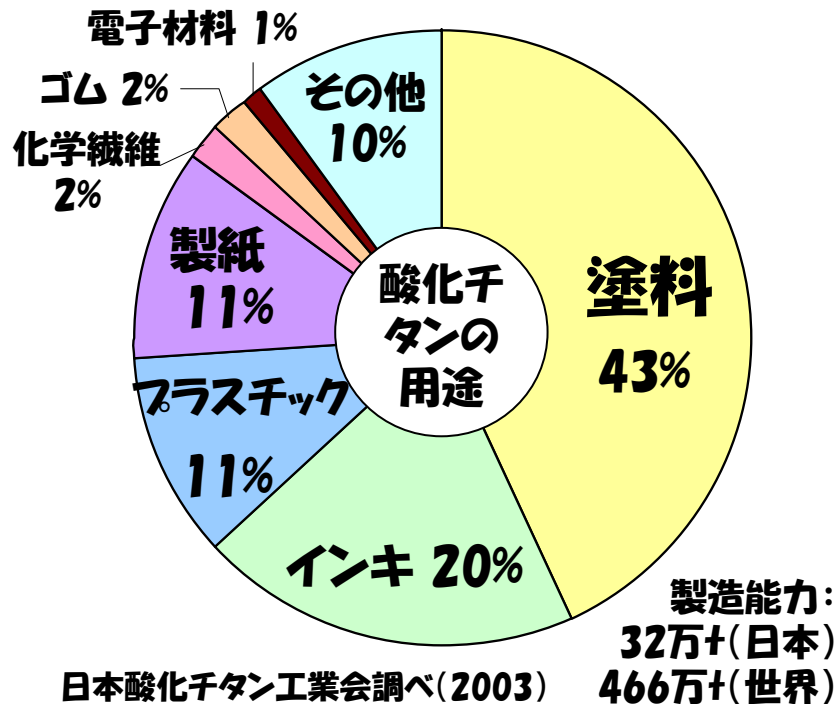
光触媒・・・量的にはわずか
光がないと生成しない

酸化チタン：色白の働き者

- ◆ 化学的に安定
- ◆ 可視光をよく反射する
屈折率 2.71 (ダイヤモンド 2.42)
- ◆ 白色顔料として重要
- ◆ 無害・無毒
- ◆ 紫外線をよく吸収する → 化粧品
- ◆ 豊富な資源

クラーク数 0.46 (第10位)

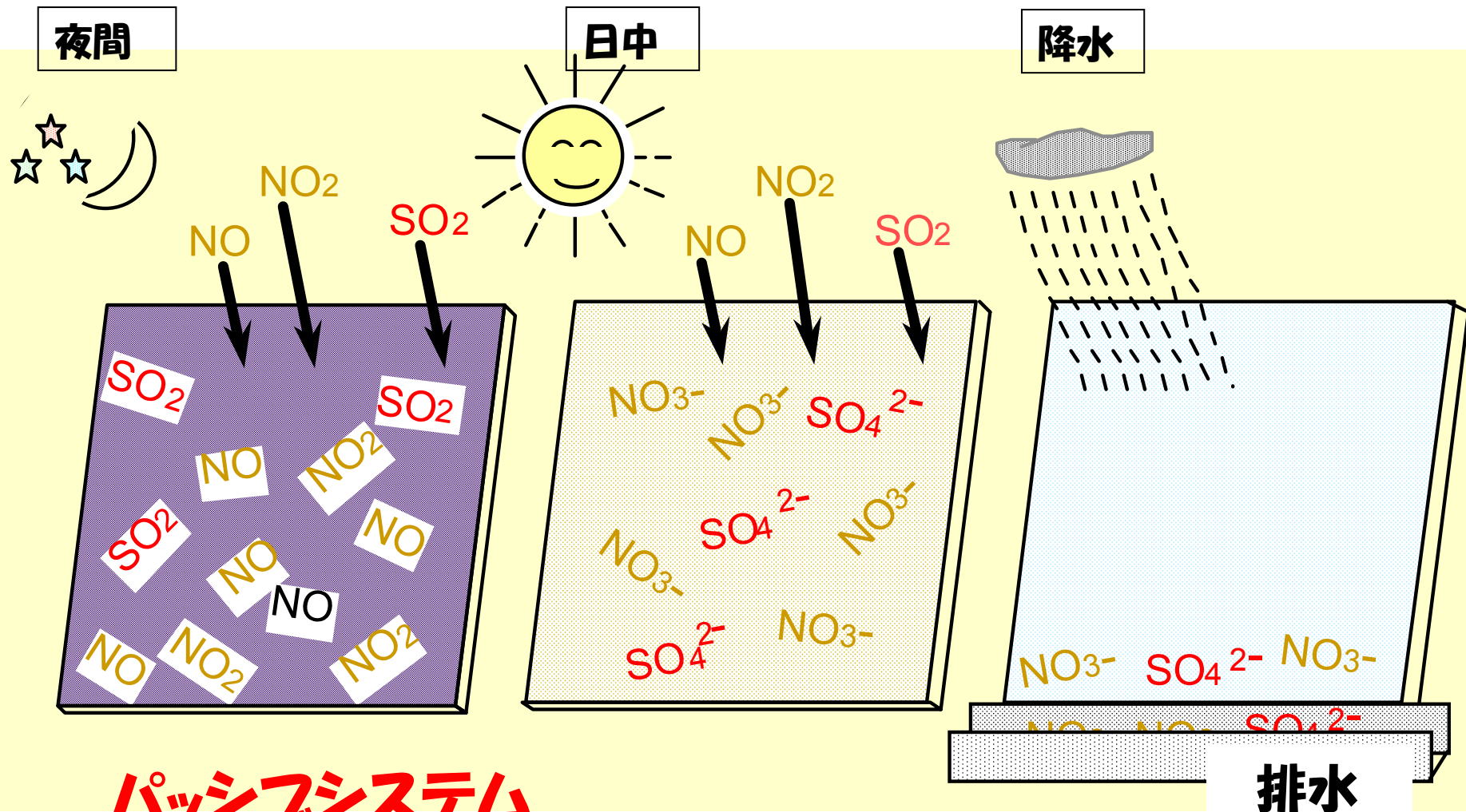
- ◆ 安価 金属チタンとは異なる



光触媒研究開発の歩み

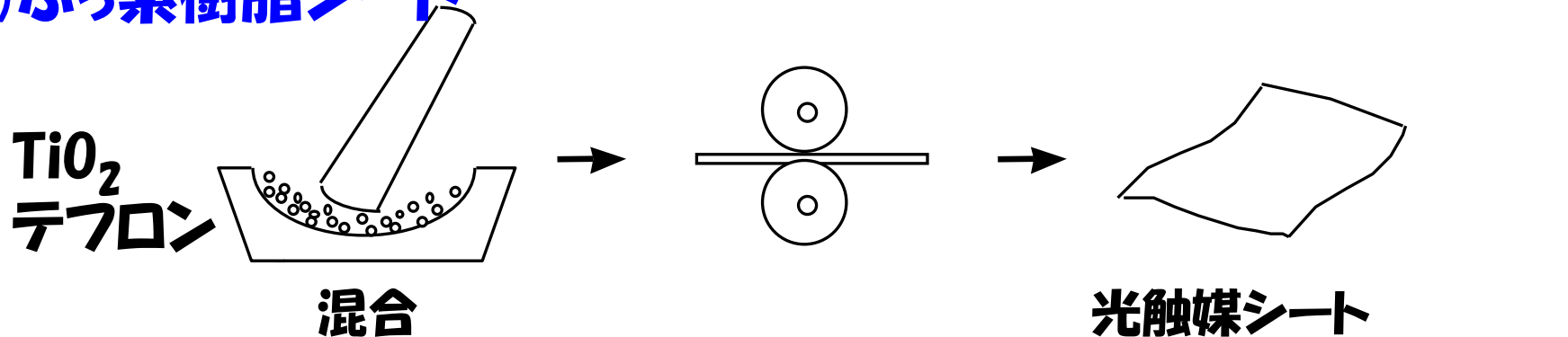
- 1950s 金属酸化物上でのガス状物質の吸着・酸化
我が国の寄与大。フランス学派が基礎研究を継続
- 1972 本多-藤嶋効果** TiO_2 電極で水を分解、水素製造
- 1977 水中シアン化物の分解(米国)
環境保全を目指した最初の報告。以後、水処理が盛んに
- 1986 大気汚染物質の分解・除去(当所)
- 1990 抗菌・セルフクリーニング用途の開発(東大)
- 1991 色素増感太陽電池(スイス)**
- 1996 大気浄化材料の沿道評価試験の開始
- 1998 実用的可視光応答型酸化チタンの開発

屋外での大気浄化光触媒の働き



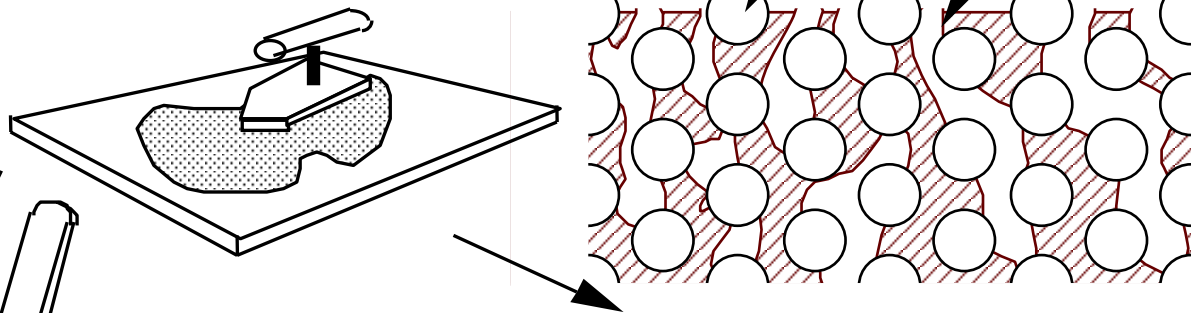
空気浄化材料: TiO_2 + バインダー

1) 樹脂シート

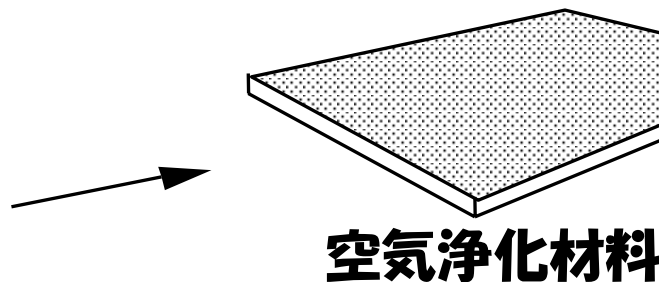


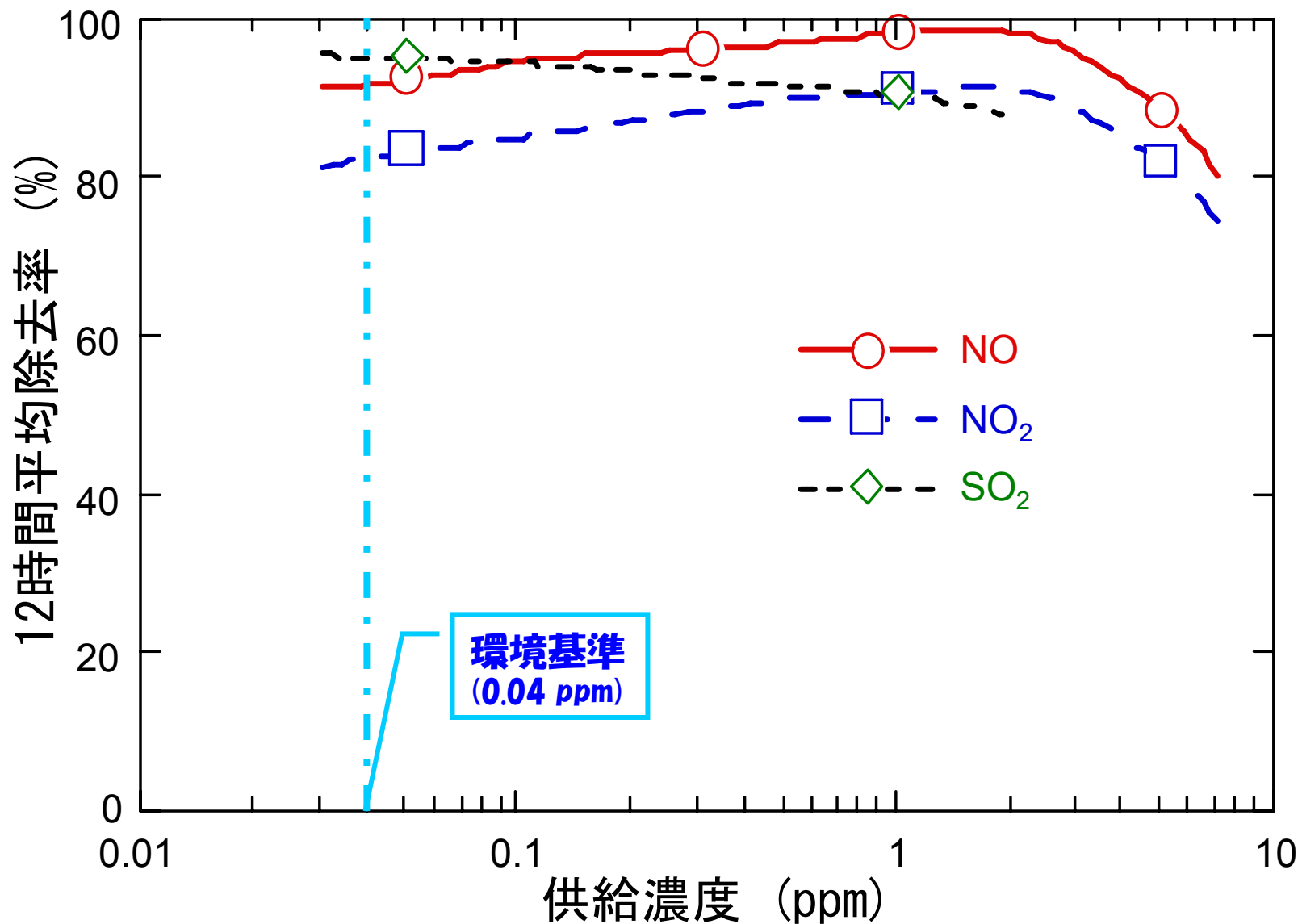
2) セメント硬化体

TiO_2
セメント
水



3) 無機系塗料 (ゾルゲル)





除去率に及ぼす汚染物質濃度の影響。浄化材料, ふっ素樹脂シート (200 cm², 触媒含量 40%); 供給濃度, 1.0 ppm; 流量, 1.5 l/min; 紫外線強度, 0.5 mW/cm².

光触媒大気浄化材料の評価試験



東京都内幹線道路での試験(当所)



光触媒塗装(阪神高速道路公団)



新型遮音壁(大阪府・泉大津市)



フッ素樹脂シート(東京都・板橋区)

長期沿道暴露試験の結果

平均 NO_x 除去速度

~0.1 g-NO / $\text{m}^2 \cdot \text{日}$

交通量・ NO_x 濃度・気象条件などに依存

浄化性能

少なくとも 3 年間維持

長期耐久性の確認

流下降水の酸性度

ほぼ中性

大気粒子状物質が中和に関与

表面白色度

長期間維持

セルフクリーニング効果も発揮

空気浄化装置 (アクティブ浄化システム)

空気清浄機

家庭用

事務所用

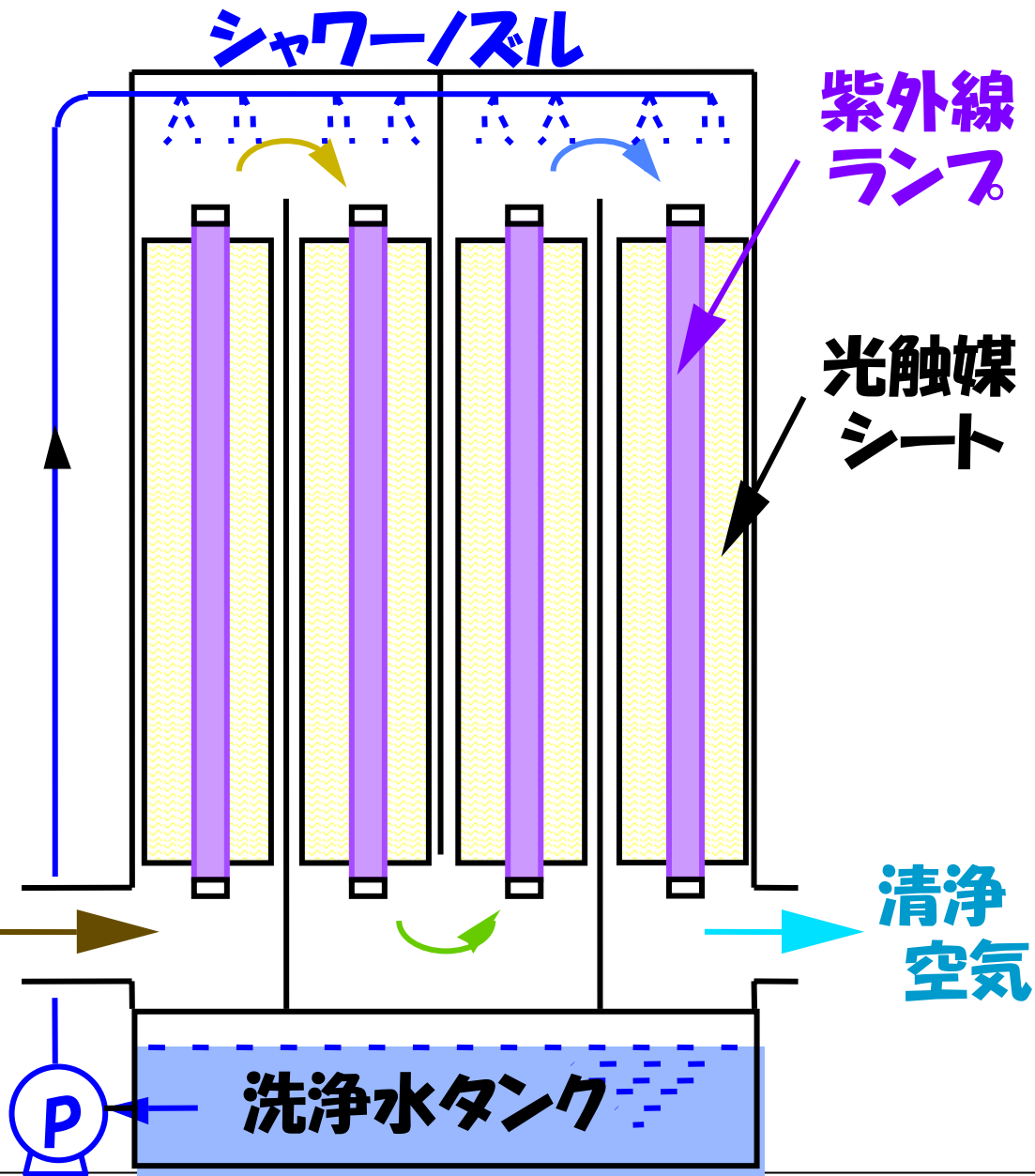
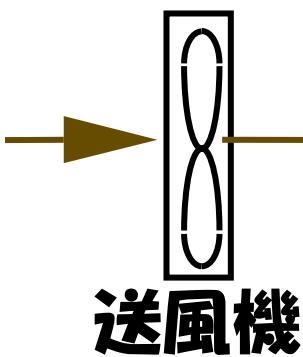
作業環境用

脱臭装置

業務用

トンネル換気設備用

汚染空気



セルフクリーニング効果

建造物の汚れ: 空気を介した
汚染物質の付着(一種の大気汚染)

汚れ成分の分解

- ・有機物 → 光触媒で分解
- ・無機粒子 → 付着不能

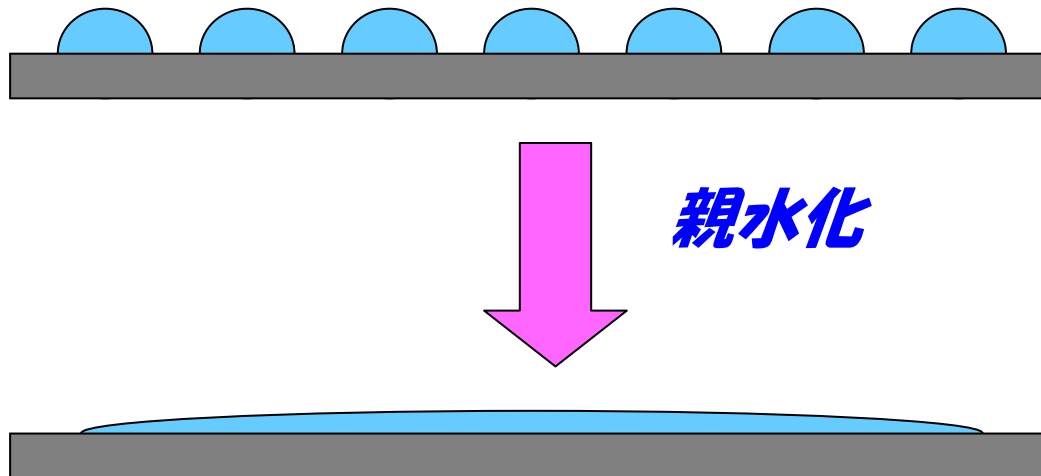
親水化(水になじみやすくなる)

- ・油状物質の付着低下
- ・雨で洗い流せる

曇り止め効果

表面の親水性

微小水滴による光の乱反射を防ぐ



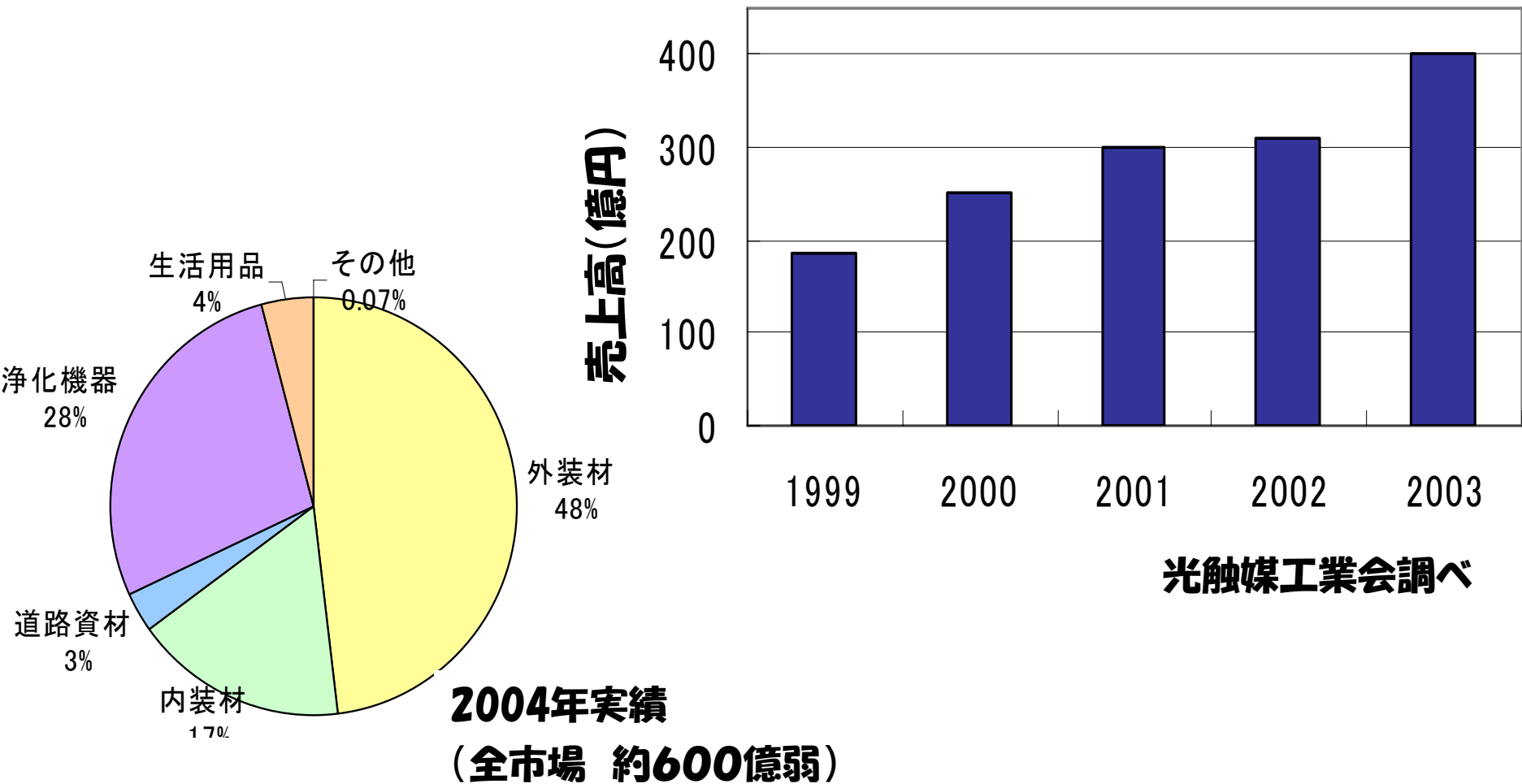
抗菌作用

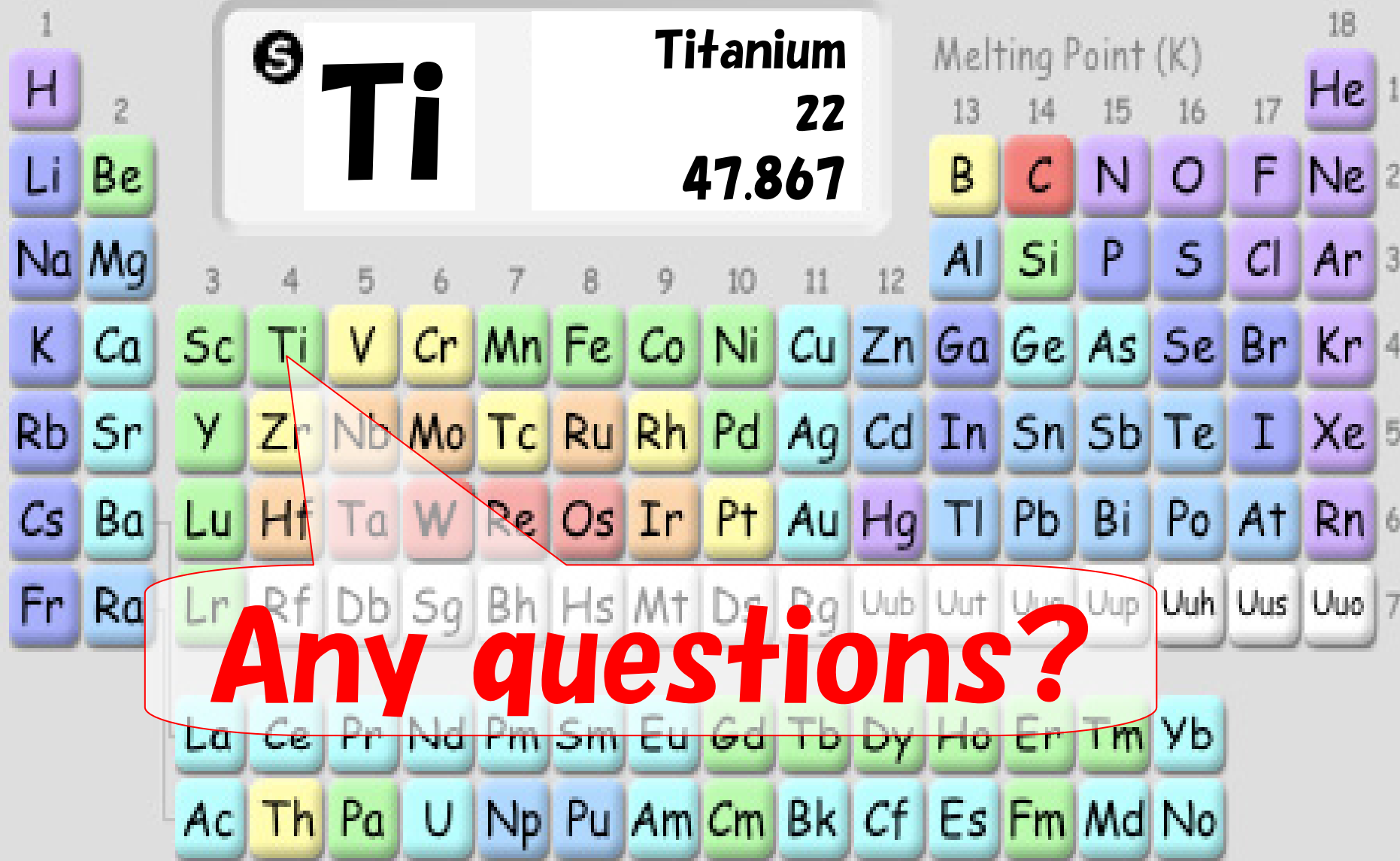
| 抗菌剤 | 光触媒 |
|-------------|-----------------------|
| 死滅した菌体は残留 | 菌体・毒素も完全分解 |
| 溶出すれば有害なものも | 無害・無毒 |
| 常時機能する | 光存在下でのみ機能 (銀などの併用) |

光触媒が有効に機能する条件

菌の増殖速度 < 酸化剤生成速度
(汚れの付着速度)

光触媒関連製品の市場







産総研サイエンスカフェ 2006/12/22

パート2：環境問題と光触媒技術の今後

➤ 環境問題の変化

リスクの管理と暴露低減

自然の浄化機構を利用した環境修復

➤ 光触媒技術の普及のために

更なる高性能化

試験方法標準化

有害化学物質によるリスク

リスクは毒性 × 暴露量 に比例する
(ハザード) (摂取量)

$$\text{暴露量} = \text{濃度} \times \text{時間}$$

∴健康影響は有害物質の毒性や排出量のみによらない。曝される(摂取する)量にも関係する

➤ シックハウス症候群

環境問題と政策の変化



常時監視6物質
(大気環境)

~1970



有害大気汚染物質 234物質
室内空気汚染(厚労省) 13物質

~1990



汚染物質排出移動登録
制度 (PRTR): 354物質

~2000

ハザード管理からリスク管理へ
排出低減から暴露低減へ

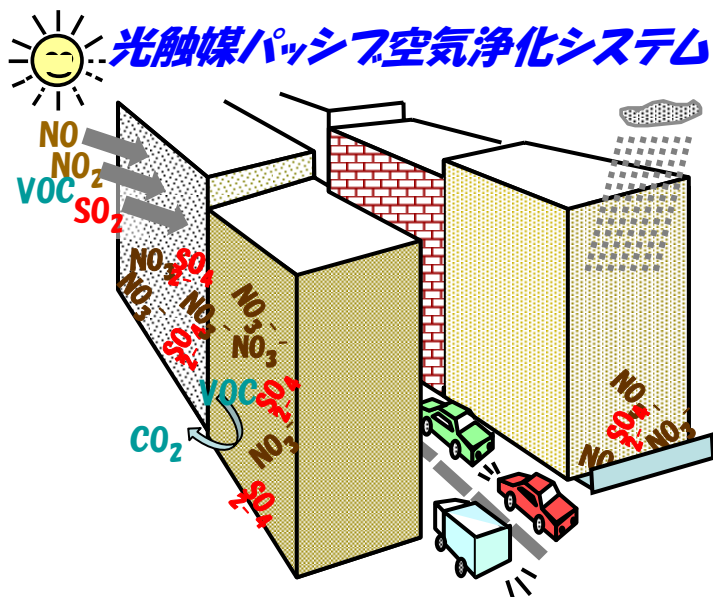
揮発性有機化合物(VOC)の室内濃度指針値

| 揮発性有機化合物 | 主な用途 | 室内濃度指針値 |
|----------------------|---------------|------------------------------------------|
| ホルムアルデヒド | 接着剤、防腐剤 | 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 ppb) |
| トルエン | 塗料用溶剤 | 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (70 ppb) |
| キシレン | 塗料用溶剤 | 870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (200 ppb) |
| <i>p</i> -ジクロロベンゼン | 防臭剤・衣料用防虫剤 | 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 ppb) |
| エチルベンゼン | 塗料用溶剤 | 3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (880 ppb) |
| スチレン | プラスチック・ゴム合成原料 | 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 ppb) |
| クロロピリホス | 殺虫剤、防蟻剤 | 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppb) |
| フタル酸ジ- <i>n</i> -ブチル | プラスチック可塑剤 | 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 ppb) |
| テトラデカン | 灯油、溶剤 | 330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 ppb) |
| フタル酸ジ-2-エチルヘキシル | プラスチック可塑剤 | 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.6 ppb) |
| ダイアジノン | 殺虫剤(有機リン系) | 0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02 ppb) |
| アセトアルデヒド | 接着剤、防腐剤 | 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 ppb) |
| フェノブカルブ | 防蟻剤 | 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8 ppb) |

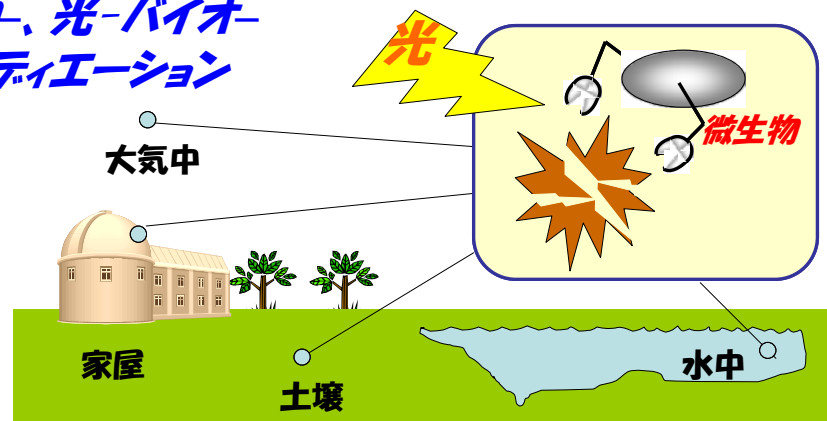
厚生労働省シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会中間報告書(2001)等による。単位の換算は25℃。

環境保全対策の変化：排出低減から暴露低減へ

- 発生源対策は完璧になっていく
- 生活環境の低濃度有害化学物質は水際で防止
- エネルギーは掛けられない。ゆっくりでも広い面積で



植物、光-バイオ-レメディエーション



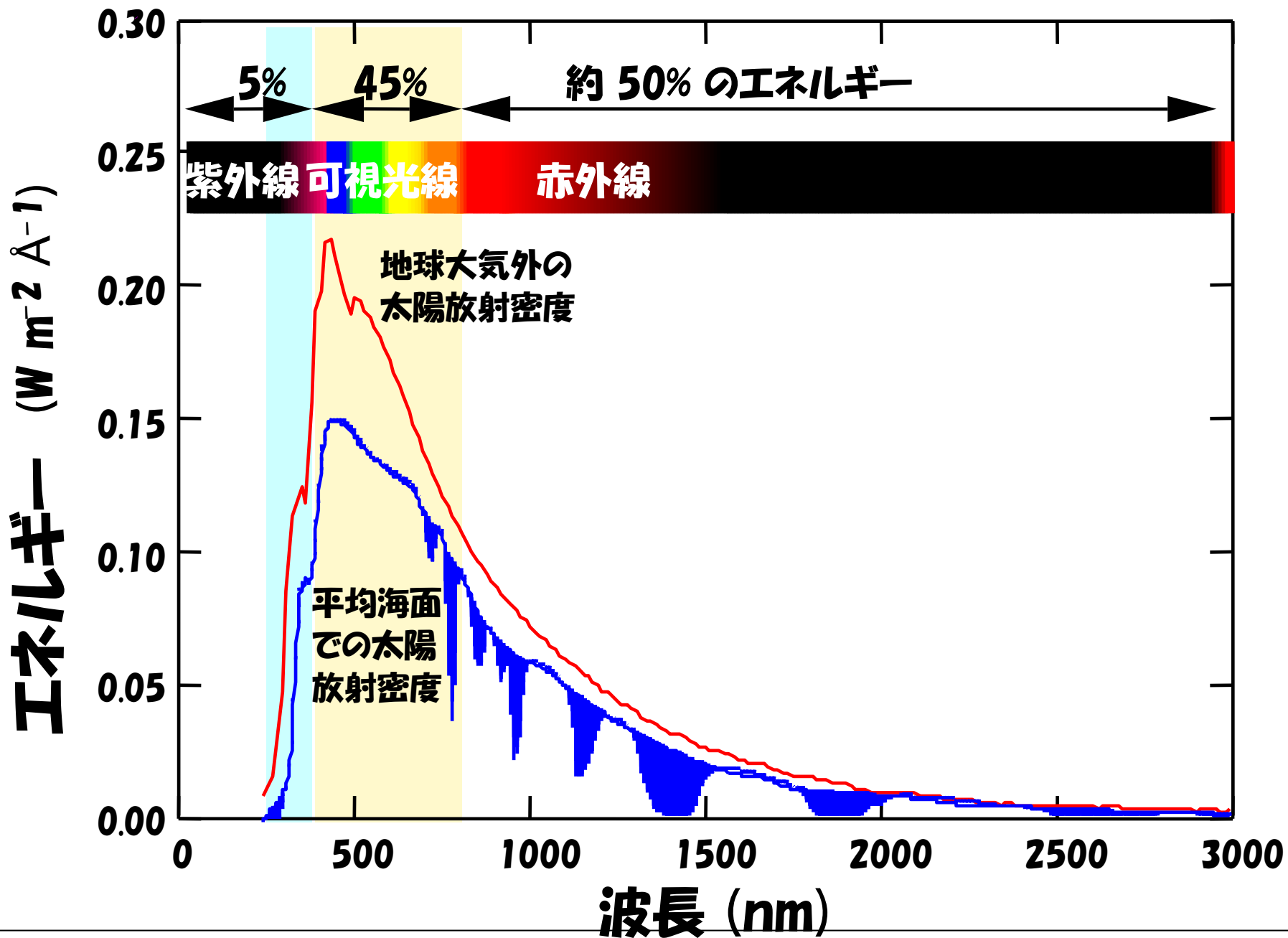
自然の浄化機能を模倣・強化した
ユビキタス・レメディエーション

新規化学物質による
リスク予防にも有効

光触媒性能の向上

もっと光を！



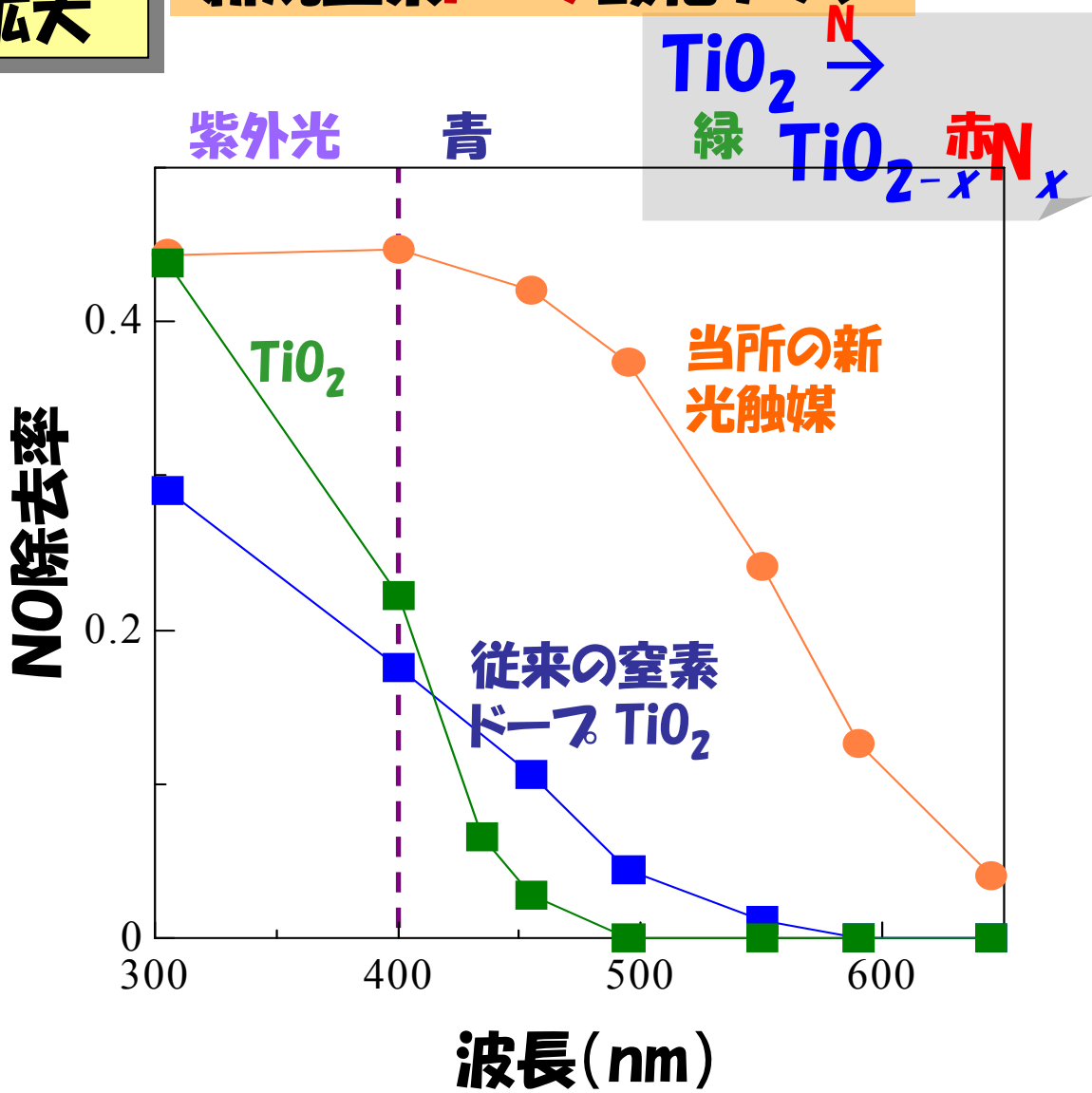


利用可能波長・効率の拡大

新規窒素ドーピング酸化チタン



従来の酸化チタン



T. Sano *et al.*, J. Mater. Chem. (2004)

試験方法標準化の重要性

- ・光触媒性能の比較、導入・普及促進
- ・粗悪品の排除／消費者保護
- ・環境産業の創出
- ・国際規格：わが国産業技術の優位性確立

JIS と ISO

JIS: 日本工業規格(1921~)

JIS マーク表示制度(認証制度)

鉱工業品の**形状、性能、生産・使用の方法、用語、単位、安全条件など**を定める。

目的

品質の改善, 生産能率の向上と合理化, 取引の単純公正化,
使用・消費の合理化, 公共の福祉の増進

現在の総数は9700



昔のJISマーク



今どきのJISマーク

ISO規格 ← 国際標準化機構(1926~)

世界規格(現在の総数:16000)

ISO 14001(環境管理システム:企業活動等による環境負荷を低減させるための要件)はその一例



JIS R 1701-1:2004: ISO CD 22197-1

光触媒材料 — 大気浄化性能試験方法

前処理

有機物除去 ($I_{UV-A} \geq 10 \text{ W/m}^2, \geq 5 \text{ h}$)

水洗 (精製水浸漬 2 h, 風乾, 恒量化)

試験

吸着試験 (光なし, 試験ガス, 0.5 h)

除去試験 (光照射, 試験ガス, 5.0 h)

脱着試験 (光なし, ゼロガス, 0.5 h)

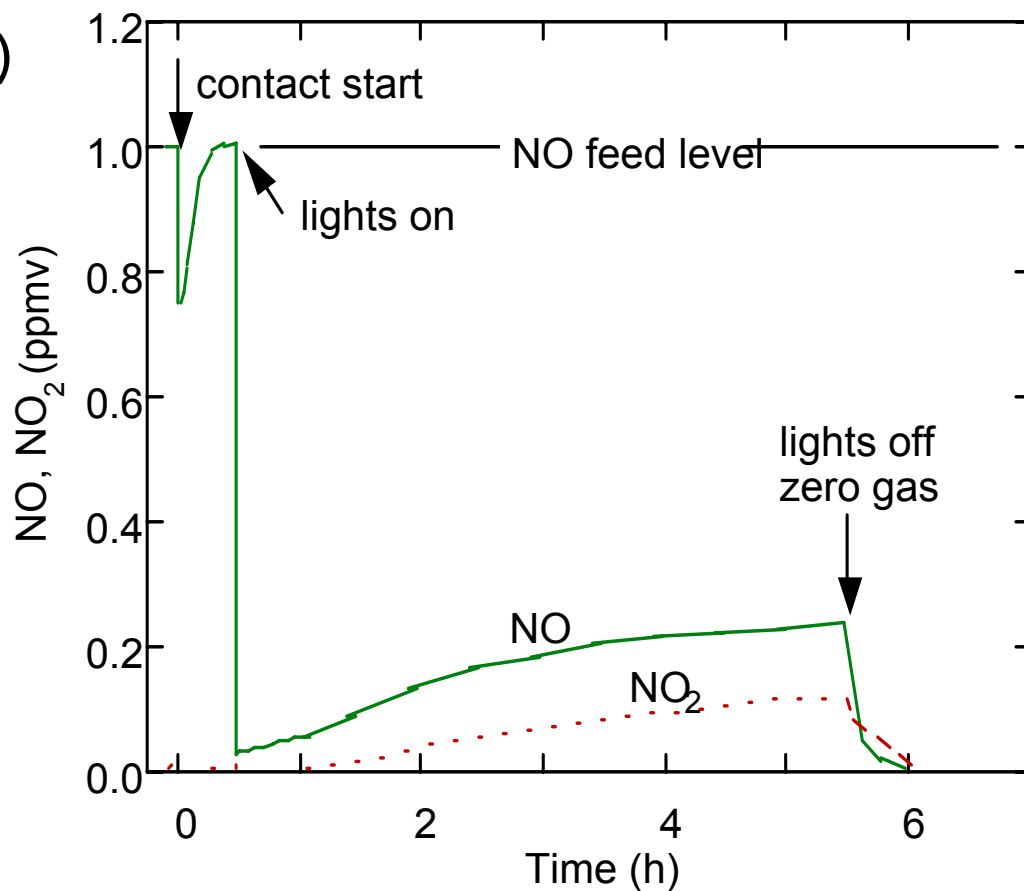
溶出試験 (精製水浸漬 1 h × 2回)

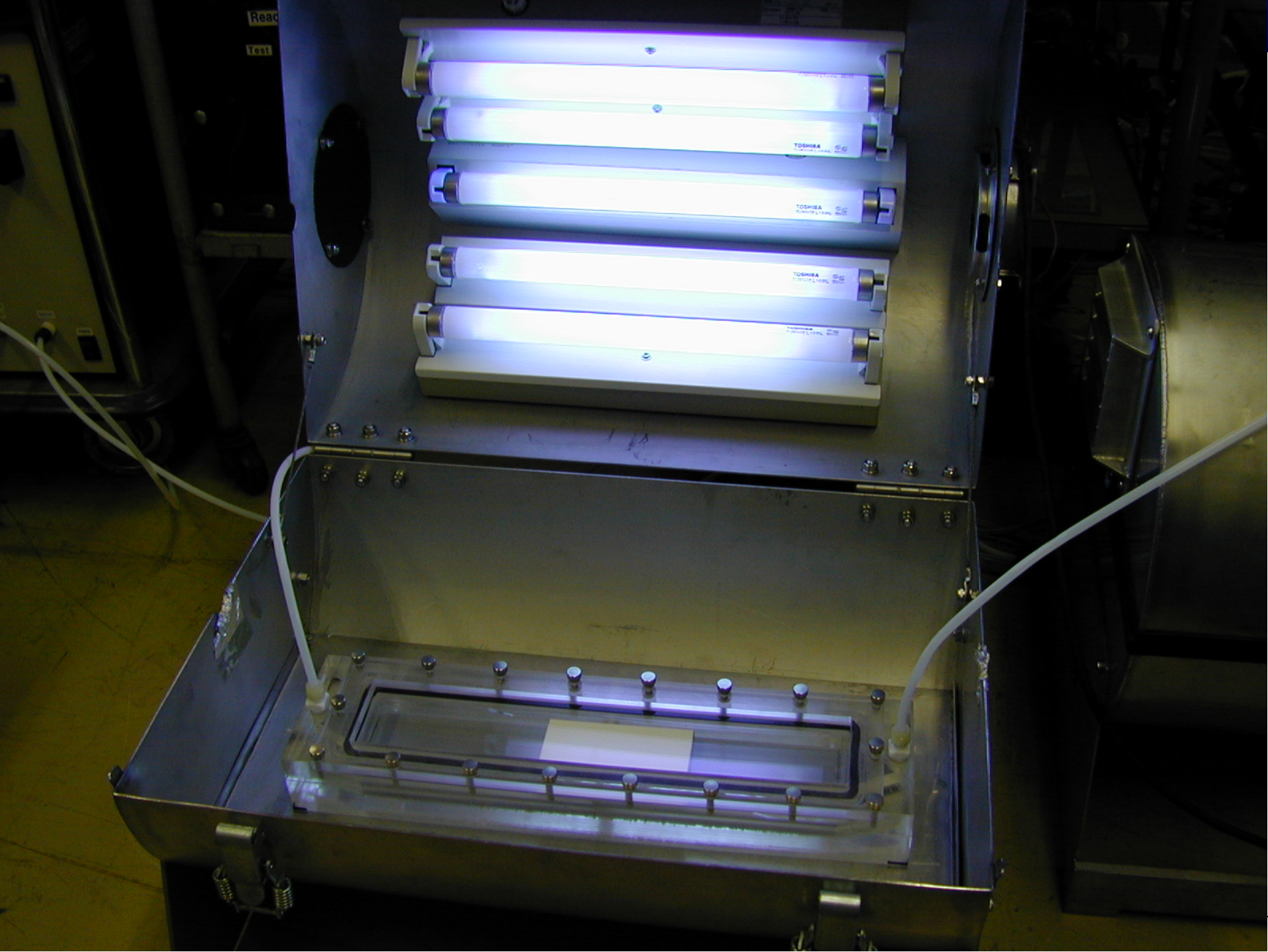
報告

NO_x 除去量, NO_2 生成量, 吸脱着量

水洗による再生効率

試験片の状況, 試験条件等





光触媒に代表される 環境浄化技術

生活空間に近いところが浄化される

→身近な環境から浄化を

低コストであるが、除去効率が高くない

→設置面積をできるだけ増やす

→更なる高性能化と多様な浄化材料開発が必要

自然界の知恵
に学びつつ

技術を社会へ

Integration for Innovation