

# Assay for antibacterial activity of visible light-responsive nanosilver photocatalyst by film sandwich method

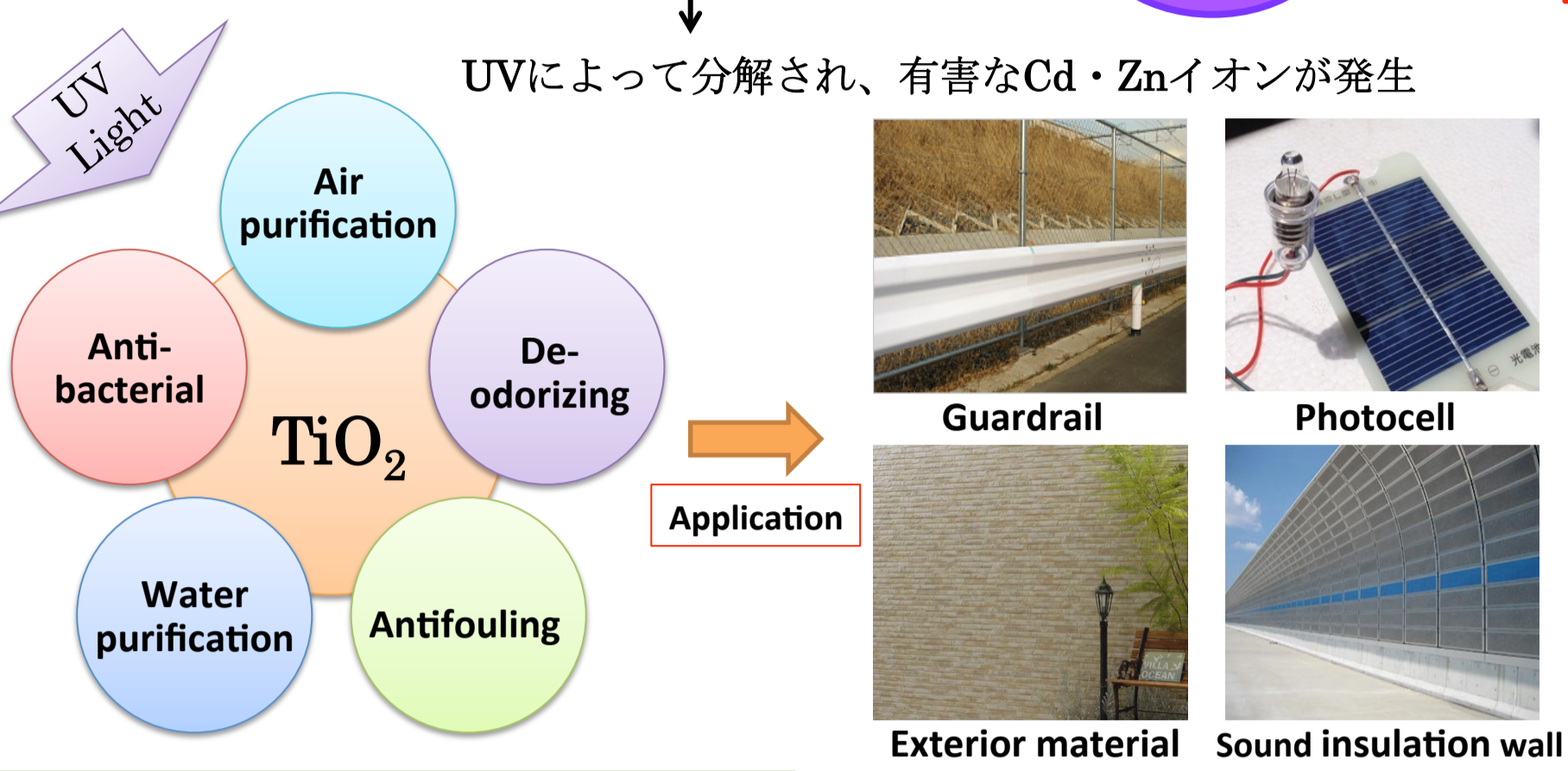
(<sup>1</sup>近大院・産理工・生環化、<sup>2</sup>伊都研究所) ○田尻 晋太郎<sup>1</sup>、宮崎 愛<sup>1</sup>、深野木 伸太<sup>1</sup>、伊東 謙吾<sup>2</sup>、田中 賢二<sup>1</sup>

## 1. 背景と目標

我々が開発した銀ナノ粒子・ホウ素樹脂・クレイから構成されるABC光触媒は、二酸化チタンと異なり可視光や近赤外線の吸収が強いため、屋内でも利用可能な光触媒として期待されている。当研究室では、抗菌剤としてABC光触媒の実用化を目指している。本研究では、実証性の高い“フィルム密着法”による抗菌力評価を行った。検定菌には非病原性大腸菌 *Escherichia coli* JCM 1649<sup>T</sup> を用いた。

## 2. 従来型の光触媒について

○光を照射することにより触媒作用を示す  
二酸化チタン・硫化カドミウム・酸化亜鉛など



紫外線を吸収するものの可視光には応答しないため、光触媒としての用途は屋外・日中での使用に限られる

“可視光応答型”光触媒への期待

## 3. ABC光触媒の構造

ABC photocatalyst prepared in butyl acetate

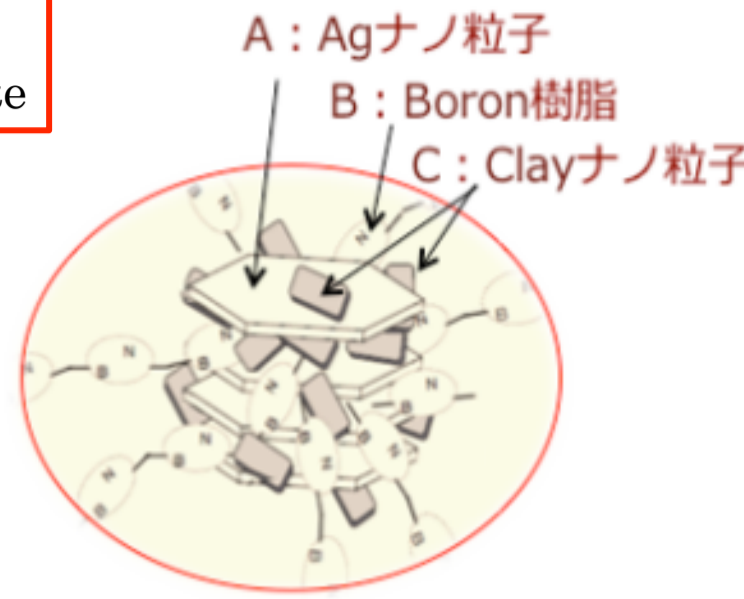


Fig.1 Structure of ABC visible light responsible photocatalyst

Table 1 The composition of ABC photocatalyst

Ratio of materials for ABC photocatalyst		
Ag	Boron resin	Clay
1	2	1

ABC光触媒の原液濃度  
**8.5mg - Ag/ml - solvent**

## 4. ABC光触媒の光吸収特性

Characteristic of ABC visible light responsible photocatalyst

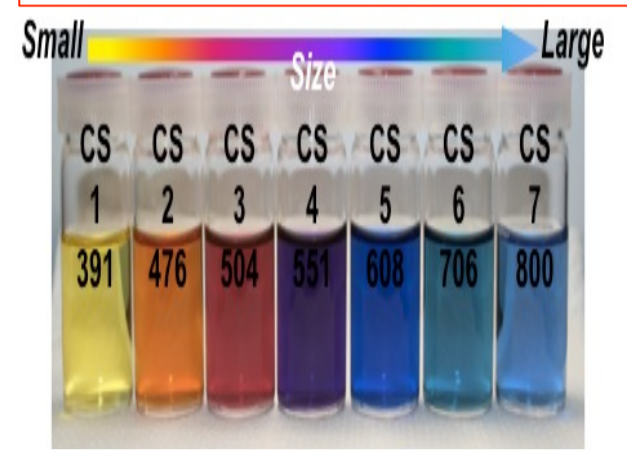


Fig.2 Light absorption and color

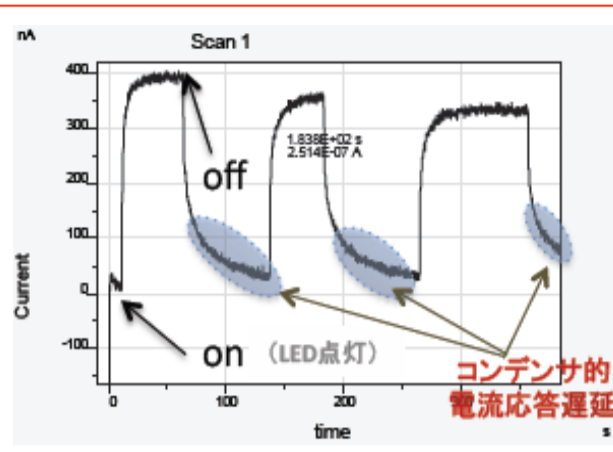


Fig.3 Electrical response

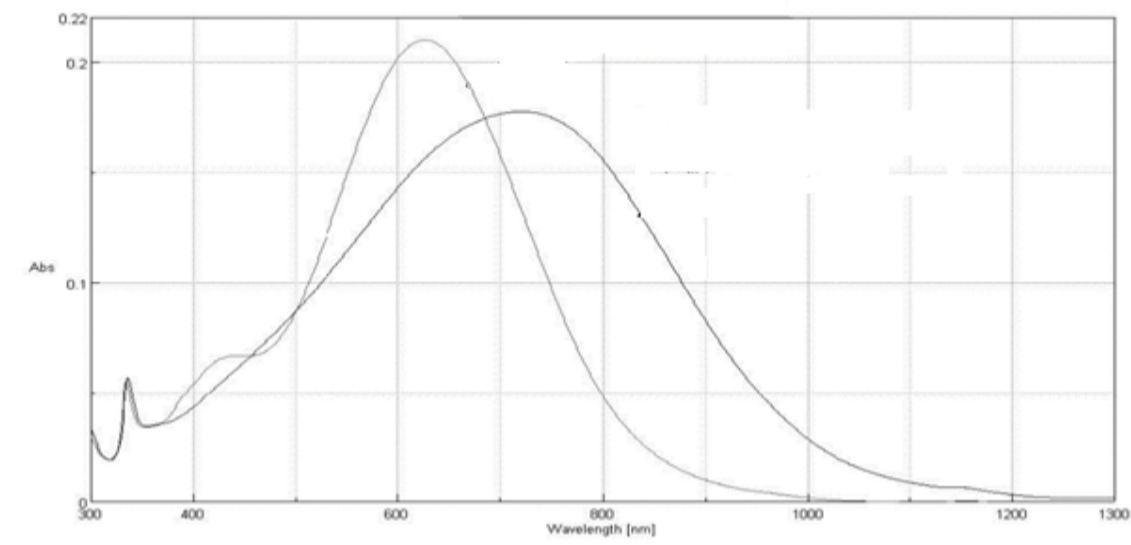
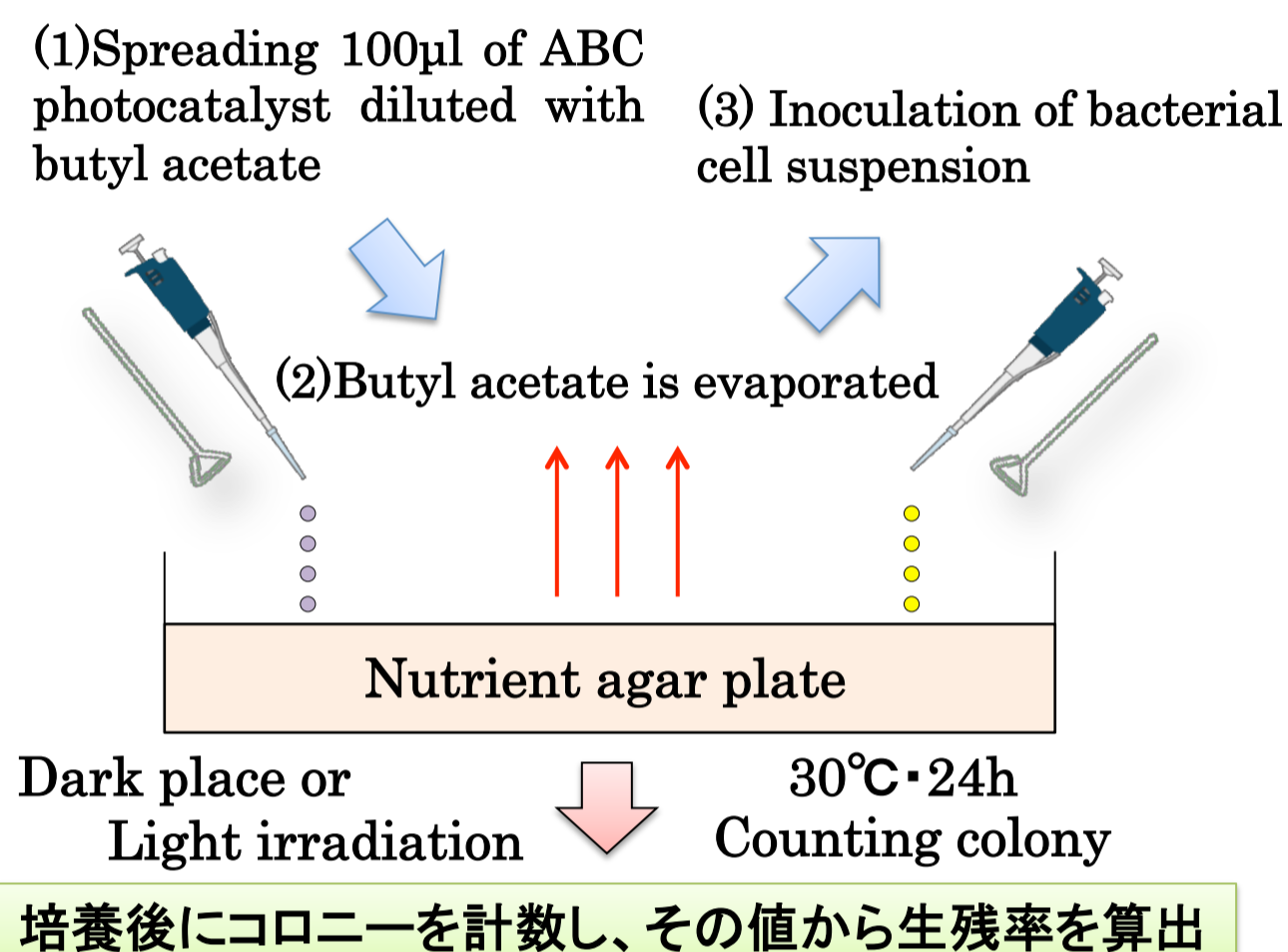


Fig.4 Absorption spectrum

## 5. ABC光触媒の抗菌試験 (過去の方法)

### ①試験方法



### ②抗菌試験法の問題点と改善

- 光触媒分散性の悪さ  
溶媒を酢酸ブチルからエタノールに変更することで凝集抑制
- 検定菌と光触媒が培地上で培養終了時まで常時接触  
抗菌効果が静菌作用か殺菌作用によるものか判別できない
- ▲ 適切な固定化剤を開発し、ABC光触媒をプラスチックやガラス表面にコート可能

“film sandwich” method

### ③PETフィルム表面への固定

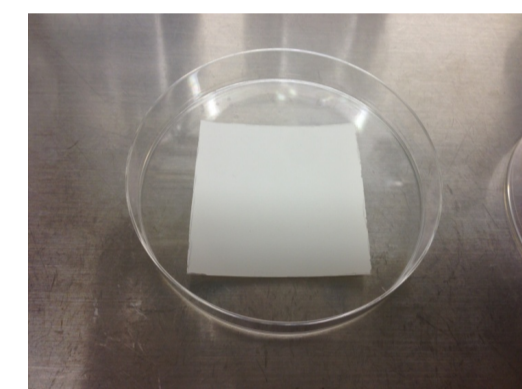
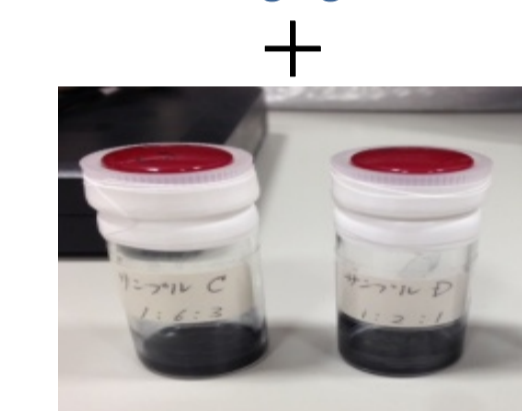


Fig.5 PET film treated with binding agent

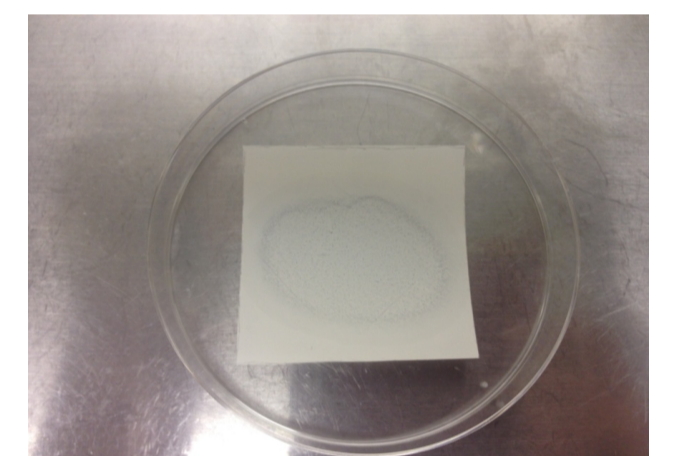


The ABC photocatalyst diluted with ethanol

● 表面を固定化剤でコート(厚さ11µm)

- ・PETフィルム表面に光触媒を吸着固定
- ・水との親和性が良く、菌液を保持しやすい
- ・光触媒の凝集を防ぐ

coating



PET film coated with ABC photocatalyst

## 6. フィルム密着法による抗菌試験

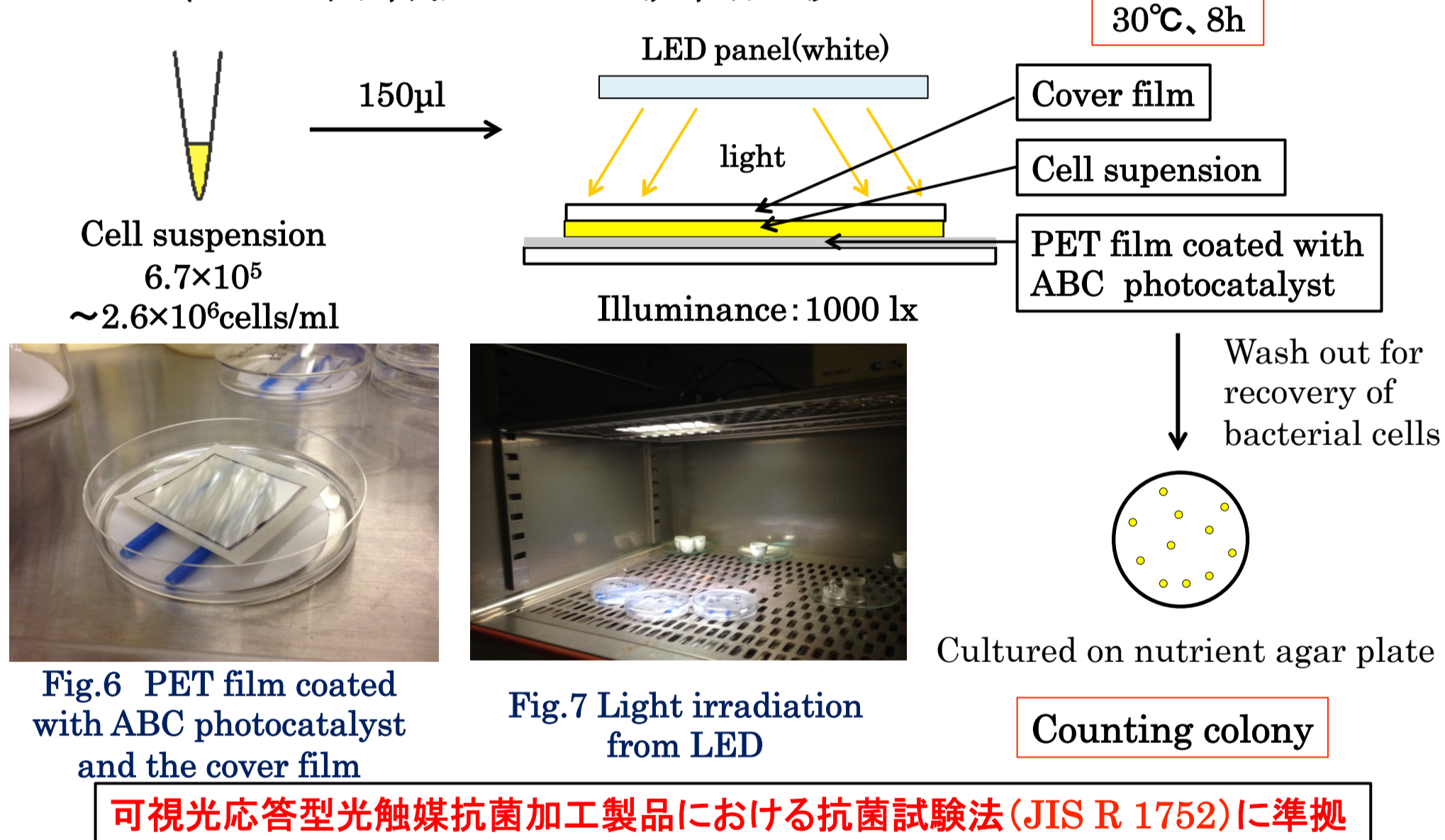


Fig.6 PET film coated with ABC photocatalyst and the cover film

Fig.7 Light irradiation from LED

可視光応答型光触媒抗菌加工製品における抗菌試験法 (JIS R 1752) に準拠

## 7. 結果(大腸菌 *E.coli* への抗菌効果)

### ①固定化剤の厚さによる影響

Table 2 Number of survived cells of *E.coli* after exposure on PET film coated with ABC photocatalyst

conditions	Number of survived cells (cfu)	
	A	B
PET firm, 0h	6.3×10 <sup>4</sup>	1.1×10 <sup>5</sup>
PET film, 8h/dark place	1.2×10 <sup>5</sup>	1.1×10 <sup>6</sup>
PET film, 8h/photo irradiation	1.1×10 <sup>5</sup>	5.9×10 <sup>5</sup>
PET film treated with binder, 8h/dark place	8.9×10 <sup>4</sup>	1.4×10 <sup>5</sup>
PET film treated with binder, 8h/photo irradiation	1.1×10 <sup>5</sup>	2.5×10 <sup>5</sup>
Photocatalyst-coated PET film, 8h/dark place	1.4×10 <sup>3</sup>	0
Photocatalyst-coated PET film, 8h/photo irradiation	2.0×10 <sup>2</sup>	0

生菌数減少

【試験区A】  
暗所下→1~2桁  
光照射下→2~3桁

【試験区B】  
暗所下→5桁  
光照射下→5桁

固定化剤の使用量(膜厚)を薄くすることで、光触媒の抗菌力が大幅に向上

### ②光触媒濃度による影響

Table 3 Number of survived cells of *E.coli* after exposure on PET film coated with highly diluted ABC photocatalyst

conditions	Number of survived cells (cfu)	
	C	D
PET firm, 0h	8.9×10 <sup>4</sup>	4.5×10 <sup>7</sup>
PET film, 8h/dark place	1.3×10 <sup>5</sup>	6.0×10 <sup>7</sup>
PET film, 8h/photo irradiation	1.4×10 <sup>5</sup>	3.4×10 <sup>7</sup>
PET film treated with binder, 8h/dark place	1.1×10 <sup>5</sup>	4.2×10 <sup>7</sup>
PET film treated with binder, 8h/photo irradiation	8.0×10 <sup>3</sup>	6.7×10 <sup>7</sup>
Photocatalyst-coated PET film, 8h/dark place	6.9×10 <sup>3</sup>	5.8×10 <sup>3</sup>
Photocatalyst-coated PET film, 8h/photo irradiation	7.6×10 <sup>2</sup>	3.6×10 <sup>2</sup>

C→photocatalyst: 10<sup>4</sup>-fold dilution, D→photocatalyst: 500-fold dilution

### 【抗菌活性の計算値】

$$X = \{\log(U_{F-I}/U_s) - \log(T_{F-I}/U_s)\} = \log(U_{F-I}/T_{F-I})$$

X: 抗菌活性値 U<sub>s</sub>: 直後の生残菌数

U<sub>F-I</sub>: 抗菌加工なし試験片で8時間光照射した後の生残菌数

T<sub>F-I</sub>: 抗菌加工あり試験片で8時間光照射した後の生残菌数

JIS R 1752 では X ≥ 2 の場合に光触媒機能ありと判断される

C: X=1.02

※の生残菌数を 1.0×10<sup>5</sup> と仮定 → X=2.11

D: X=5.26

### 【試験区C】

● 光触媒の濃度を 10<sup>4</sup> 倍希釈と非常に低くしたにもかかわらず、高い抗菌活性が認められた

### 【試験区D】

● 暗所下で 3~4 桁、光照射下で 5~6 桁の菌数減少がみられた

光照射の効果を評価するために、暗所下で抗菌効果が失われる条件の選定が必要

## 9. 要約および今後の展望

■ “フィルム密着試験法”によりABC光触媒の抗菌力評価を行なったところ、非病原性大腸菌 *E.coli* に対して暗所下においても大きな菌数減少が認められ、さらに光照射による抗菌力増強効果も確認された。暗所では銀による抗菌作用が、可視光照射下では光触媒による抗菌作用が働いていると考えられる。

■ PETフィルム上では光触媒の吸着状態によっても抗菌活性は大きな影響を受けると考えられたため、固定化剤の膜の厚さを薄く(4.5µm)したところ、より大きな抗菌活性が得られた。PETフィルム上への固定化方法を改善することで、さらに抗菌活性を高めることができると考えている。

■ ABC光触媒は、暗所下でも高い抗菌活性を示した。しかし、光照射の効果を微量で正確に評価するためには、暗所下で抗菌効果がほぼ失われる条件を選定する必要がある。

● 検定菌を拡大(緑膿菌や黄色ブドウ球菌などの病原細菌等)し、さらに抗ウイルス活性やアレルゲン失活作用があるか検証を行なう。