

光触媒コート LED 照明器具による浮遊ウイルスの不活化試験

錦織広昌¹, 古畑聡志²

¹信州大学工学部, ²(株)アシスト&ソリューション

Inactivation of airborne virus using photocatalyst-coated LED light

H. Nishikiori¹, & S. Furuhashi²

¹Faculty of Engineering, Shinshu University

²Assist & Solution Co., Ltd.

キーワード：光触媒，コーティング，LED 照明，浮遊ウイルス，不活化

Keywords: Photocatalyst, Coating, LED light, Airborne virus, Inactivation

1. はじめに

近年，光触媒によるウイルス不活化の効果が特に期待されている．光触媒として代表的な物質である酸化チタン（チタニア）は¹⁻³，紫外光にしか応答しないため，チタン以外の元素をドーピングするなどにより可視光応答性を高める技術がある⁴⁻⁹．著者らは銅ドーピングチタニアを用いた紫外光および可視光での有機色素の分解を報告している¹⁰⁻¹²．

2021年度より，松本市の「松本市ヘルスケアサービス等実用化検証事業助成」により，光触媒コーティング剤を用いた抗菌・抗ウイルスの実証試験を行っている．これまでに，光触媒コーティング剤（アシスト&ソリューション製セラコート・ワン，銅・銀分散チタニアナノ粒子）が可視光照射下で表面の汚れなどを分解する性能をもち，セルフクリーニング効果を示すこと，一般的な条件において十分な抗菌・抗ウイルス効果を示し，特に新型コロナウイルスに対しても有効であることを実証している¹³．2022年度は，空間に浮遊するウイルスに対する効果を検証した．本稿ではその結果について報告する．

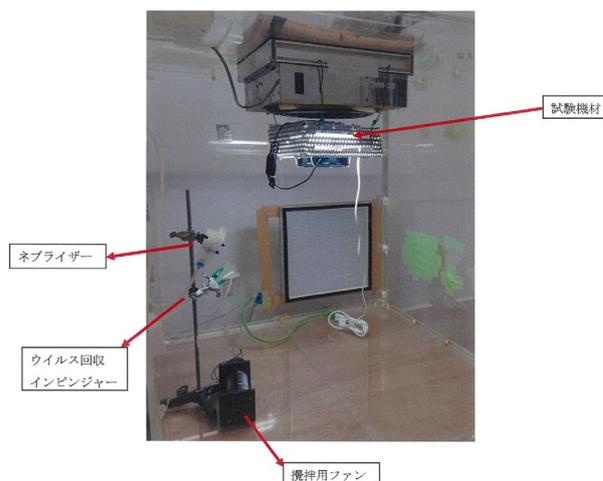
2. 試験方法

光触媒コーティングを施した LED ライト（室内照明用）を用いて，インフルエンザウイルス（swine influenza virus H1N1 IOWA 株）の不活化効果を確認した．試験は（株）食環境衛生研究所に依頼し，既報の方法を参考にして実施した^{14,15}．

容積約 1 m³ および 25 m³ の密閉系チャンバーを用意した．1 m³ チャンバーでは，その内部にネブライザーでウイルス液 5 mL を噴霧した．噴霧終了後 30 秒間攪拌用ファンを稼働させ，試験開始とした．25

m³ チャンバーでは，ウイルス液 5 mL を入れたネブライザー 4 台を用いて，20 分間攪拌用ファンを稼働させながら内部に噴霧した．噴霧終了後 2 分間攪拌用ファンを稼働させ，試験開始とした．

(a) 1 m³ 空間



(b) 25 m³ 空間



図 1 浮遊ウイルス不活化試験実施時の風景

図1に試験実施時の風景を示す。対照区（ウイルス噴霧，LED ライト消灯）では，試験開始後，0 時点のウイルスを捕集した。その後，試験区分に従いインピンジャーを用いて各時点のウイルスを捕集した。試験区（ウイルス噴霧後 LED ライト点灯）においても対照区と同様にウイルスを捕集した。浮遊ウイルスの捕集は，チャンバーからエアポンプを用いて，10 L/min で 1 m³ チャンバーでは 5 分間，25 m³ チャンバーでは 10 分間内部空気を吸引し，10 mL の細胞維持培地が入ったインピンジャーに回収する方法で行った。

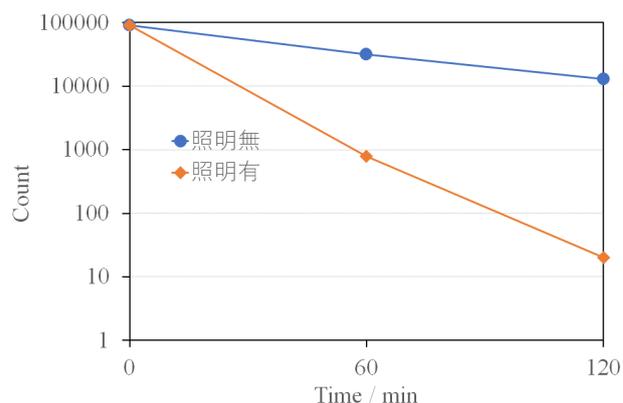
試験区ごとにウイルス回収液を細胞維持培地でそれぞれ 10 倍段階希釈し，96well プレートに培養した細胞に 100 μL ずつ接種した。37°C，5% CO₂ 下で 5 日間培養した後，各ウェル内の培養上清を回収し，MDCK 細胞（イヌ腎臓由来株化細胞）の変性効果の有無から，そのウイルス力価（TCID₅₀/回収液）を算出した。

3. 結果と考察

図2は，約 1 m³ および約 25 m³ の空間での光触媒コーティング LED 照明の点灯の有無の条件における浮遊ウイルス（インフルエンザウイルス）の試験開始時，60 分後および 120 分後の感染価（対数目盛）を示している。1 m³ 空間では，試験開始時にウイルス感染価は 10^{4.9} であった。照明無においては 60 分後 10^{4.5}，120 分後 10^{4.1} まで減少したのに対して，照明有では 60 分後 10^{2.9}，120 分後 10^{1.3} まで減少した。光触媒コーティング LED 照明により 60 分間で，対照区との比較値にして 99% 以上のウイルス感染価の減少がみられた。実用条件に近い 25 m³ の空間においても，120 分間で 99% 以上のウイルス感染価の減少がみられ，本試験により，光触媒のインフルエンザウイルスに対する抗ウイルス作用を確認した。

光触媒反応では，浮遊ウイルスが照明器具の表面にコーティングされている光触媒表面に接触した機会にのみ分解反応が進行するため，一般的なファンによる対流のみで効率的な分解が行われているとみられる。2021 年度実施の試験において，本コーティング剤の新型コロナウイルス不活化効果も確認されている¹³⁾。チタニアナノ粒子への銅・銀の添加により，室内照明のような一般的な条件においても十分な効果が得られていると言える。光触媒ナノ粒子の性能が発揮されており，コーティング方法も適切である。

(a) 1 m³ 空間
TCID₅₀/50 Lair



(b) 25 m³ 空間
TCID₅₀/回収液 1 mL

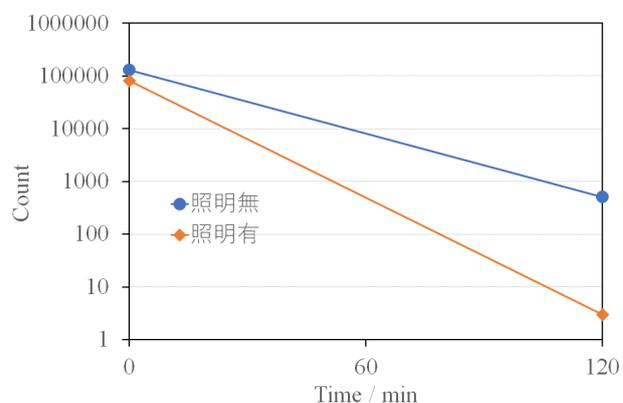


図2 (a) 約 1 m³ および (b) 約 25 m³ の空間での光触媒コーティング LED 照明の点灯の有無の条件における浮遊ウイルスの試験開始時，60 分後および 120 分後の感染価（ウイルス力価）

4. おわりに

本試験で用いた光触媒コーティング（セラコート・ワン）は，一般的な使用条件において確実にインフルエンザウイルスに対する抗ウイルス効果を示した。

反応物は細胞レベルであるが，その一部のみでも一定時間分子レベルで光触媒表面に吸着されていれば，光触媒表面で生成した活性酸素種（水酸ラジカル）との反応が効率的におこる^{3,11,12,16,17)}。その結果，ウイルス表面の感染能を有する外膜の酸化分解につながる。光触媒コーティングの効果を高めるためには，対象物質の光触媒ナノ粒子への吸着と酸化分解を連続的におこす条件が必要となる。より多くのウイルスをいち早く不活化するためには，光触媒ナノ粒子が高分散状態を保ったまま基材のごく浅い表面に分布するよう，適切な材料設計に基づいてコーテ

ィング技術の開発を進めることが有効である。

謝辞

本試験は松本市の「松本市ヘルスケアサービス等
実用化検証事業助成」を受けて行ったものであり、
謝意を表する。

【参考文献】

- 1) A. Fujishima, X. Zhang, D. A. Tryk, *Surf. Sci. Rep.* **2008**, 63, 515.
- 2) A. Antonello, G. Soliveri, D. Meroni, G. Cappelletti, S. Ardizzone, *Catal. Today* **2014**, 230, 35.
- 3) 藤嶋 昭, 光触媒のすべて, ダイヤモンド社, 東京, **2017**.
- 4) W. Choi, A. Termin, M. R. Hoffmann, *J. Phys. Chem.* **1994**, 98, 13669.
- 5) I. H. Tseng, J. C. S. Wu, H. Y. Chou, *J. Catal.* **2004**, 221, 432.
- 6) J. Zhu, F. Chen, J. Zhang, H. Chen, M. Anpo, *J. Photochem. Photobiol. A* **2006**, 180, 196.
- 7) G. Colón, M. Maicu, M. C. Hidalgo, J. A. Navío, *Appl. Catal. B* **2006**, 67, 41.
- 8) E. Celik, Z. Gokcen, N. F. Ak Azem, M. Tanoglu, O. F. Emrullahoglu, *Mater. Sci. Eng. B* **2006**, 132, 258.
- 9) R. López, R. Gómez, M. E. Llanos, *Catal. Today* **2009**, 148, 103.
- 10) H. Nishikiori, T. Sato, S. Kubota, N. Tanaka, Y. Shimizu, T. Fujii, *Res. Chem. Intermed.* **2012**, 38, 595.
- 11) H. Nishikiori, T. Ikeda, Y. Izaki, R. Katayama, Y. Shimizu, *Res. Chem. Intermed.* **2016**, 42, 4813.
- 12) H. Nishikiori, K. Suehara, K. Teshima, *J. Ceram. Soc. Jpn.* **2021**, 129, 83.
- 13) 錦織広昌, 古畑聡志, *信州大学環境科学年報* **2022**, 44, 53.
- 14) 国立予防衛生研究所学友会, ウイルス実験学〈総論〉(改訂2版), 丸善, 東京, **1973**.
- 15) 日本電機工業会規格JEM1467 付属書D.
- 16) T. Hirakawa, Y. Nosaka, *Langmuir* **2002**, 18, 3247.
- 17) T. Hirakawa, K. Yawata, Y. Nosaka, *Appl. Catal. A* **2007**, 325, 105.

(原稿受付 2023.3.9)