

# Silent Nano Diffuser「Anqu」を用いた銀イオン系抗菌剤による空間除菌†

中木戸達也\*, 善野修平\*,\*\*

## 1 はじめに

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の拡大に伴い、空間除菌への関心が高まっており、塩素系や銀系の除菌用機能水が数多く市販されている。以前、我々は塩素系の機能水を用いて空間除菌の効果を試験した<sup>1)</sup>。その結果、100 ppmの亜塩素酸ナトリウム水溶液をナノ粒子化して拡散させること<sup>2)</sup>により、空中浮遊菌を短時間で除去できることを見出した。今回、我々は(株)ナノシード製の除菌装置 Anqu(図1)を用いて、銀系の機能水をナノ粒子状にし、空間除菌の効果を試験したので報告する。



図1 空間除菌装置 Anqu

## 2 材料と方法

### 2・1 空間除菌用の機能水

除菌用機能水として、(株)コーヨー製の銀イオン系抗菌剤 [pH6.5~7.0] を使用した。この原液(2.5 ppm 酸化銀/10 ppm ホウケイ酸/15 ppm リン酸)から 12.5 倍希釈した液(0.20 ppm 酸化銀/0.8 ppm ホウケイ酸/1.2 ppm リン酸)を調製し、空間除菌試験に用いた。

### 2・2 空間除菌装置

除菌装置として、(株)ナノシード製の Anqu を使用した。この装置は、機能水をナノ粒子化して 1 時間に 1.5mL 放出することができる。機能水はコロナ放電によりヒドロキシラジカル( $\cdot\text{OH}$ )、水素ラジカル( $\cdot\text{H}$ )、酸素ラジカル( $\cdot\text{O}$ )やオゾン( $\text{O}_3$ )などに変換され<sup>3)</sup>、強い殺菌力を持つナノ粒子になると考えられる。

### 2・3 空間除菌効果を評価する部屋

除菌効果を評価する部屋として、前橋工科大学 3 号館 3 階にある生物工学科事務室 337 を使用した。337 号室は幅 3.85 m × 長さ 5.64 m × 高さ 2.6 m の形状で、床面積が 21.8 m<sup>2</sup>、容積が 56.6 m<sup>3</sup> となっている。

### 2・4 空間除菌装置と空中浮遊菌の捕集装置の配置

337 号室内の除菌装置 Anqu(高さ 0.88 m)と空中浮遊菌の捕集装置であるエアースAMPLER MAS-100 Eco(メルク(株)製、高さ 0.73 m)の配置を、図 2 に示す。除菌装置とエアースAMPLER は、平面距離として 1.19 m 離れている。

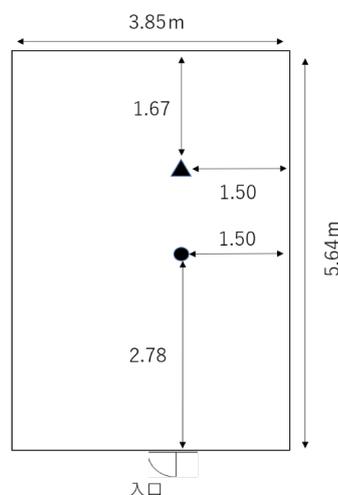


図2 除菌装置とエアースAMPLERの配置位置  
▲ : MAS-100 Eco, ● : Anqu

### 2・5 空中浮遊菌の捕集

337 号室のエアコンは OFF 設定にした。まず、一般細菌用として大腸菌(DH5α 株)を、一般真菌用として(株)ホシノ天然酵母パン種製の出芽酵母(ホシノ丹沢株)を、16 時間通気培養することで、空中の浮遊菌数を増やした。次に、除菌装置を稼働して 0 時間後、1 時間後、3 時間後、6 時間後、24 時間後の浮遊菌を、それぞれ 3 回採取した。1 回あたりの採取空気量は 0.4~1.2 m<sup>3</sup> で行った。浮遊菌を捕集した時間帯の温度変化は 23~30°C で、湿度変化は 52~60% であった。また、浮遊菌数が自然に減衰する比較対照として、除菌装置を稼働させない条件でも、同様な浮遊菌の捕集を行った。

### 2・6 空中浮遊菌数の計測

空中浮遊菌捕集用の培地として、一般細菌用のパルコア標準寒天培地(栄研化学(株))と、一般真菌用のサニスペックポテトデキストロース寒天培地(アズワン(株))を用いた。一般細菌の培養は 37°C で 2 日間、一般真菌の培養は 23°C で 4 日間行った。培養 2 日後と 4 日後に形成したコロニー数を目視で計測し、捕集した空気量に応じてそれぞれ 1 m<sup>3</sup> 中の菌数に換算し、それぞれの空中浮遊菌数を決定した。そして、0 時間後の菌数を 100% とし、

†原稿受理 令和4年2月28日 Received February 28, 2022

\*生物工学専攻 (Department of Biotechnology), \*\*地域連携推進センター (Center for Regional Collaboration),

各時間の菌数の平均値から浮遊菌の残存率と除去率を算出した。この残存率と除去率は、それまでにエアサンプラーで捕集した空気の量が考慮された値であり、逆数の関係となる。

### 3 結果と考察

#### 3・1 337号室の空間除菌

銀イオン系抗菌剤を用いた一般細菌の除去試験の結果を、図3に示す。細菌類に関しては、Anqu稼働1時間で十分な除去が可能であること、その除菌効果が約40%であることが見いだされた。

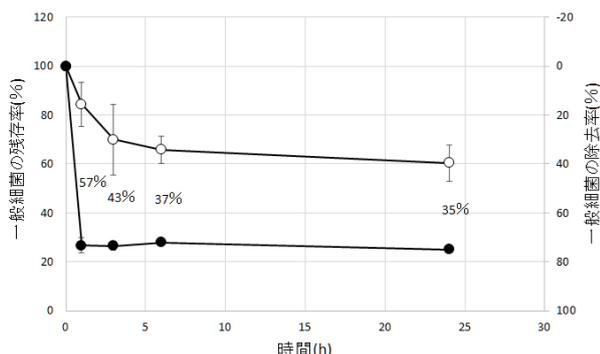


図3 銀イオン系抗菌剤を用いた一般細菌の除去効果  
● : Anqu の稼働あり, ○ : Anqu の稼働なし  
一般細菌の除去率の差(%)を図中に示した

次に、銀イオン系抗菌剤を用いた一般真菌の除去試験の結果を、図4に示す。真菌類に関しては、Anqu稼働1時間ではほとんど除去できないこと、その除菌効果が6時間以上の稼働で約30%に達することが見いだされた。

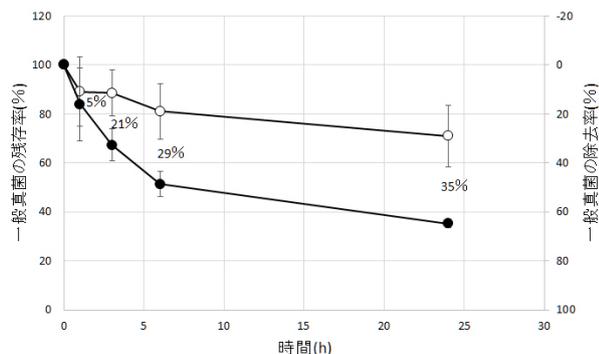


図4 銀イオン系抗菌剤を用いた一般真菌の除去効果  
● : Anqu の稼働あり, ○ : Anqu の稼働なし  
一般真菌の除去率の差(%)を図中に示した

以上のように、銀イオン系抗菌剤(0.20 ppm 酸化銀/0.8 ppm ホウケイ酸/1.2 ppm リン酸)を、ナノ粒子化して拡散させることにより、空中浮遊菌を除去できることが明らかとなった。

### 4 おわりに

抗菌素材としての銀には、銀イオン、銀イオン系抗菌

剤、ナノ銀の3つのタイプがあり<sup>4)</sup>、生活用品として多く利用されている。銀のヒトへの影響を考慮して、世界各国でいくつかの銀に関する使用制限が設けられている<sup>5)</sup>。米国労働安全衛生局(OSHA)と米国鉱山安全衛生局(MSHA)は、銀と水溶性銀化合物の許容暴露限界値(PEL)を0.01 mg/m<sup>3</sup>と設定している。米国産業衛生専門家会議(ACGIH)は、職業上の許容濃度勧告値(TLV)を0.1 mg/m<sup>3</sup>と設定している。日本は職業上の許容暴露濃度として0.01 mg/m<sup>3</sup>をすべての銀化合物において採用している。また、米国環境保護庁(EPA)は連邦殺虫剤殺菌剤殺鼠剤法(FIFRA)に基づいて、ナノ銀の審査結果を報告書<sup>6)</sup>にまとめている。ラットを用いたナノ銀の吸入暴露試験<sup>7)</sup>の結果から、無毒性量(NOEL)を0.133 mg/m<sup>3</sup>と提案している。ドイツ連邦リスク評価研究所(BfR)は、ナノ銀を食品及び日用品に使用しないよう勧告する意見書<sup>8)</sup>を発表している。このように、銀素材は許容される使用範囲に注意が必要である

### 謝辞

本研究は、(株)ナノシードとの共同研究として行われた。除菌装置(Anqu)、除菌用機能水(銀イオン系抗菌剤)を提供して下さった(株)ナノシードの細萱武彦社長、田代哲技術部長に感謝いたします。また、本研究を進めるにあたり多大なご助言、ご指導を頂きました前橋工科大学の下田祐紀夫客員教授に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 善野修平, 松倉優, 木下美咲, Silent Nano Diffuser「ナノシードα」を用いた空間除菌, 前橋工科大学研究紀要, 第24号, 61-62 (2021)
- 2) 徳武利洋, 田代哲, 久保田強, 微粒化した液体にマイナスの電荷を帯びさせ放出する装置, 日本特許, 特許公報(B1), 特許 5819560 (2015)
- 3) 孫冰, 佐藤正之, 高電圧水中パルス放電による活性種の生成特性, 化学工学論文集, 25(6), 832-836 (1999)
- 4) 日本イオン(株), 銀抗菌の種類について, <http://www.japan-ion-shop.jp/html/page7.html>
- 5) Drake, P.L. and Hazelwood, K.J., Exposure-related health effects of silver and silver compounds: a review. Ann. Occup. Hyg., 49, 575-585 (2005)
- 6) U.S.EPA, Conditional Registration of HeiQ AGS-20 as a Materials Preservative in Textiles (1 December 2011)
- 7) Sung, J.H., Ji, J.H., Park, J.D., Yoon, J.U., Kim, D.S., Jeon, K.S., Song, M.Y., Joong, J., Han, B.S., Han, J.H., Chung, Y.H., Chang, H.K., Lee, J.H., Cho, M.H., Kelman, B.J. and Yu, I.J., Subchronic inhalation toxicity of silver nanoparticles. Toxicol. Sci. 108, 452-461 (2009)
- 8) BfR, BfR recommends that nano-silver is not used in foods and everyday products, BfR Opinion Nr. 024/2010 (28 December 2009)