

株式会社ナノシード様

ナノシード α による空間除菌に関する試験報告書

－100 畳相当の室内におけるナノシード α での除菌効果－

1	除菌測定の目的	P 2
2	測定場所と計測条件	P 2
3	測定結果	P 6
4	ナノシード α から放出される微粒子の流れ	P 7
5	除菌効果比・放出範囲の理論解析	P 8
6	まとめ	P 10
7	謝辞	P 10

令和 2 年 12 月 26 日

公立大学法人 前橋工科大学
工学部 生物工学科 博士(農学)

教授 善野修平

〒371-0816 前橋市上佐鳥町 460-1

1 除菌測定のための目的

広さ 100 畳相当の室内を、溶液 (XCS-11D) を用いて、除菌装置 (ナノシード α) で空間除菌した場合に、空気中に浮遊する微生物 (真菌と細菌) の減少率を評価基準とし、除菌効果を評価する。

(注) 真菌は、キノコ、カビ、酵母などの真核微生物であり、細菌は原核微生物である。

2 測定場所と計測条件

(1)測定対象： 広さ 100 畳相当の床面積 180m^2 (幅 15.5m ×長さ 11.6m)

(100 畳=50 坪=3.3 m^2 /坪×50 坪=165 m^2)

容積 539m^3 (横 15.5m ×縦 11.6m ×高さ 3m)

場所 前橋工科大学 3 号館 1F、生物学科学生実験室

生物学科学生実験室の外観：図 1

(2)使用溶液：XCS-11D 溶液 (精製水 99.99%、亜塩素酸ナトリウム 0.01%)

(3)除菌装置：ナノシード α

製造者 株式会社ナノシード

〒385-0051 長野県佐久市中込 1267-1

TEL 0267-77-7652

外観：図 2

溶液放出：1 分間 1 mL 放出の連続放出

設置台数：1 台

設置位置：図 3

(4)浮遊菌の捕集装置：RCS エアサンプラー、型式 940-010

製造者 メルク株式会社

外観：図 4

空気の吸引と菌の捕集：1 分間で 40L (0.04m^3) の空気を吸引し、寒天培地上に浮遊菌を捕集

設置位置：図 3

(5) 室内空気の攪拌：4 台のファンと除菌装置を同時に稼働して、室内空気と除菌装置溶液を均一化させた

(6) 浮遊菌の捕集：除菌装置稼働の 0 分後、5 分後、20 分後、40 分後に、除菌装置を止めてから、浮遊菌を採取した

(7) 浮遊菌の捕集時間と採取量：1 回あたり 8~24 分間捕集することで、空気量を $0.32\sim 0.96\text{m}^3$ 採取した

(8) 培地の種類：真菌用としてアガーストリップ SDX (メルク株式会社) を、細菌用としてアガーストリップ TSM (メルク株式会社) を用いた

(9) 培養条件：真菌は 23°C で 4 日間培養し、細菌は 37°C で 2 日間培養した

(10) 菌数の計測：目視によりコロニー数をカウントして計測した

(11) 室内の湿度：44%～45%



図 1 生物工学科学生実験室 313 の外観



図 2 除菌装置（ナノシードα）の外観

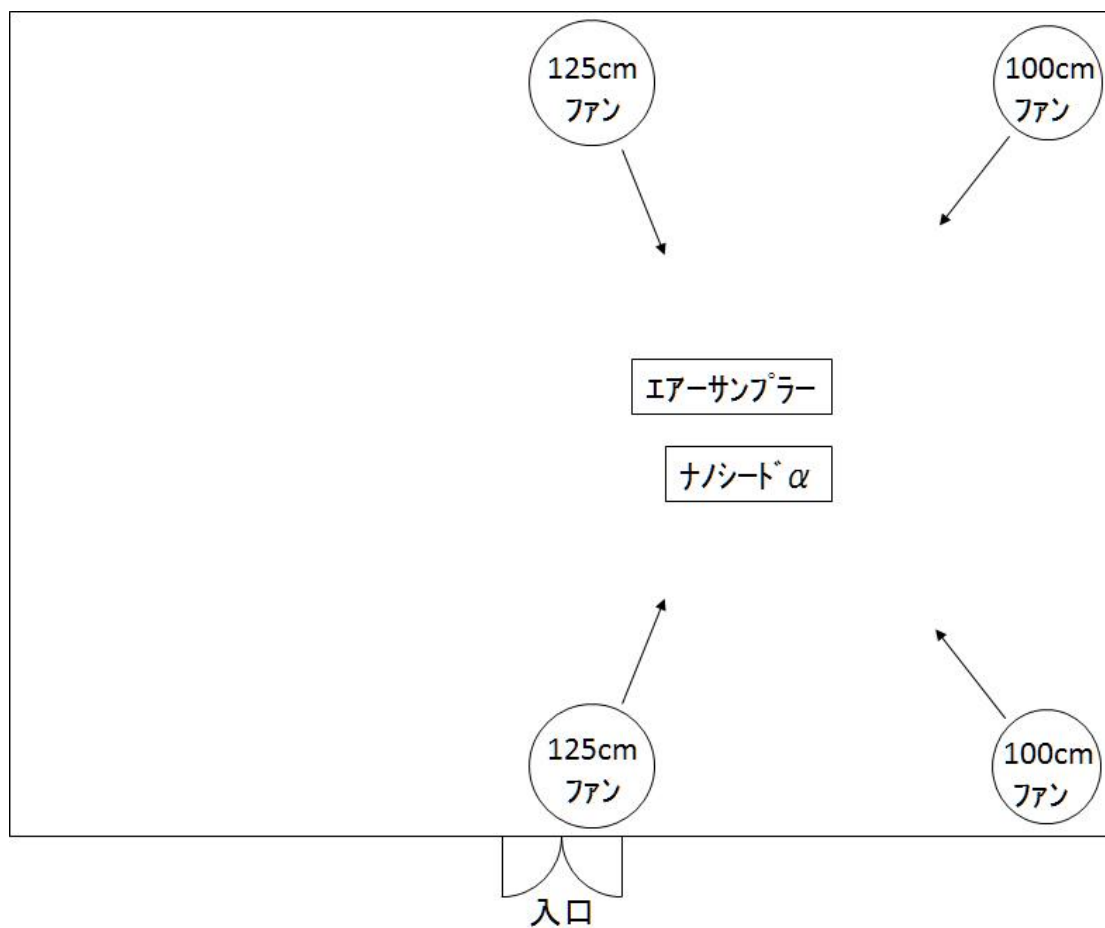


図3 生物工学科学生実験室 313 (横 15.5m × 縦 11.6m × 高さ 3m) 内の除菌装置 (ナノシード α)、捕集装置 (エアサンプラー)、4 個のファンの設置位置



図4 浮遊菌の捕集装置（RCS エアサンプラー）の外観



図5 室内空気の攪拌用ファン（BF-100V、BF-125V）の外観

3 測定結果

真菌の菌数測定の結果を図6に示し、細菌の菌数測定の結果を図7に示す。

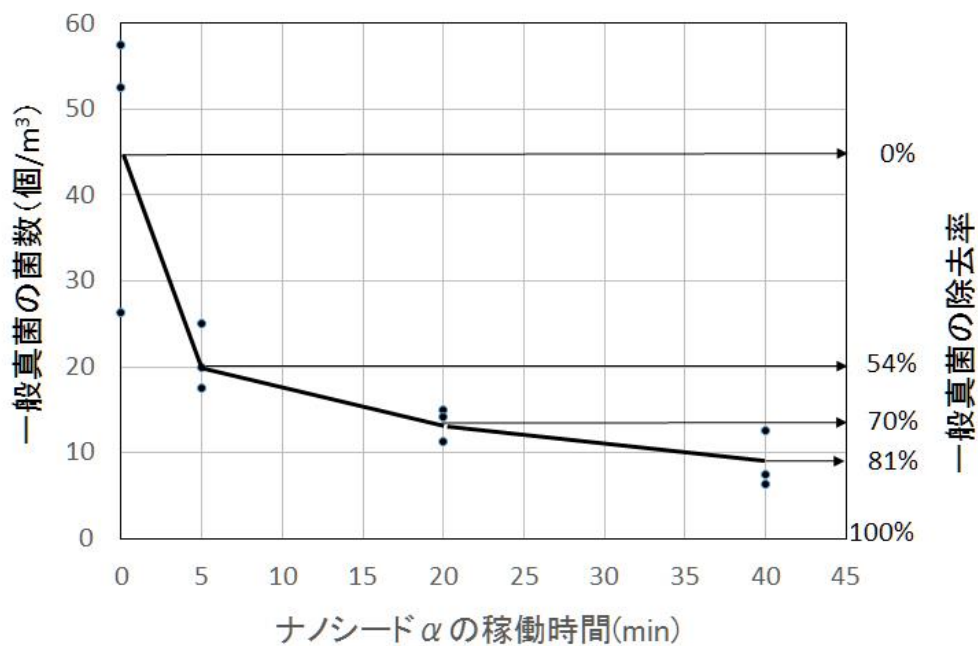


図6 真菌の菌数測定の結果

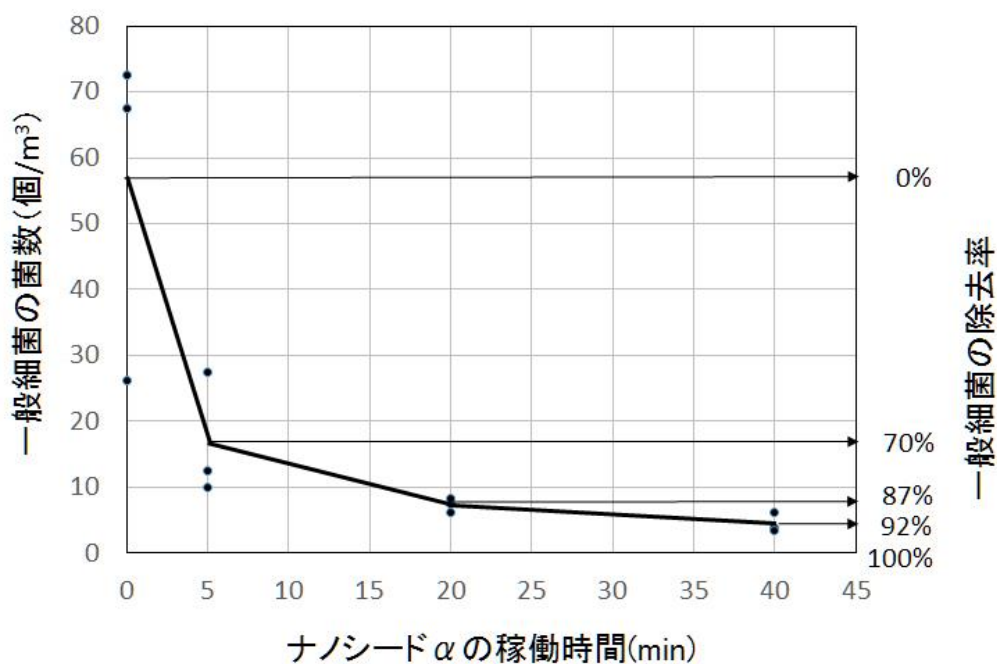


図7 細菌の菌数測定の結果

図6より、100畳相当の広い室内でも40分後には81%の真菌が除去されていることが分かる。

図7より、細菌は40分後には92%除去されていることが分かる。

4 ナノシード α から放出される微粒子の流れ

図8, 図9にナノシード α から放出される微粒子の流れを示す

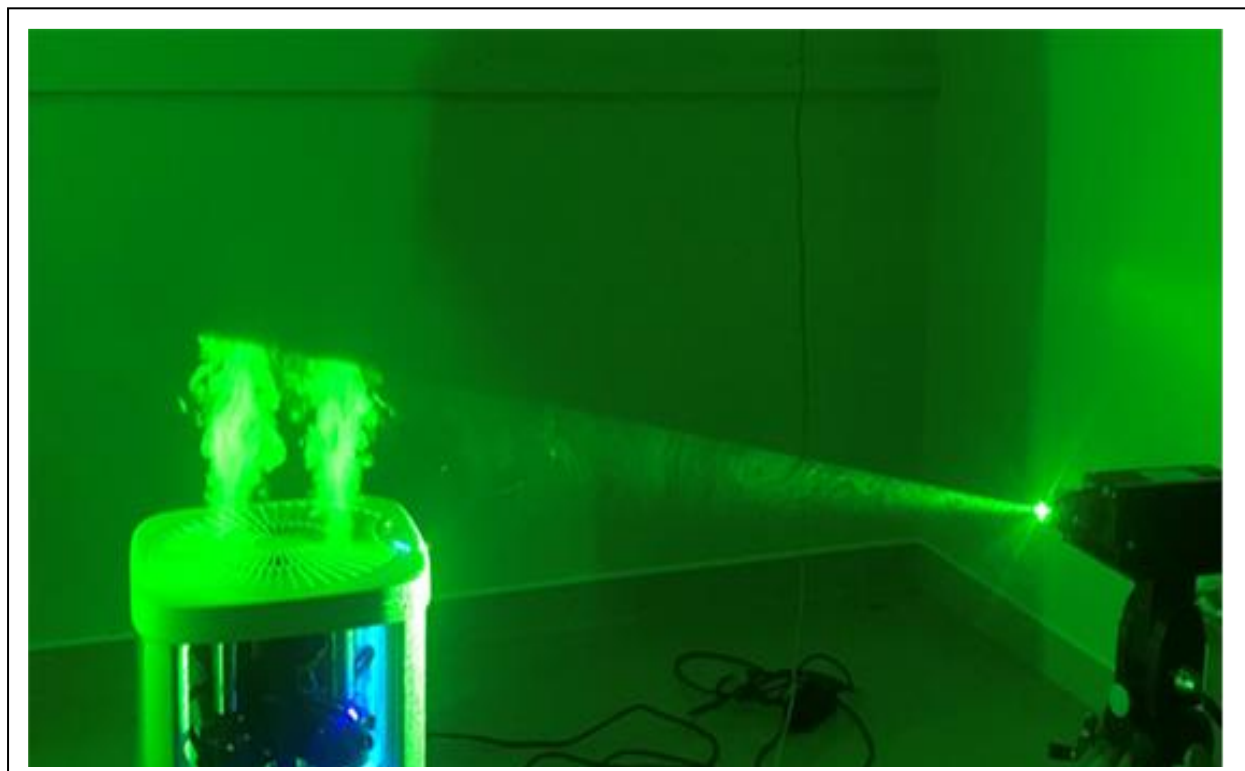


図8 レザー光線による微粒子の流れ (その1)

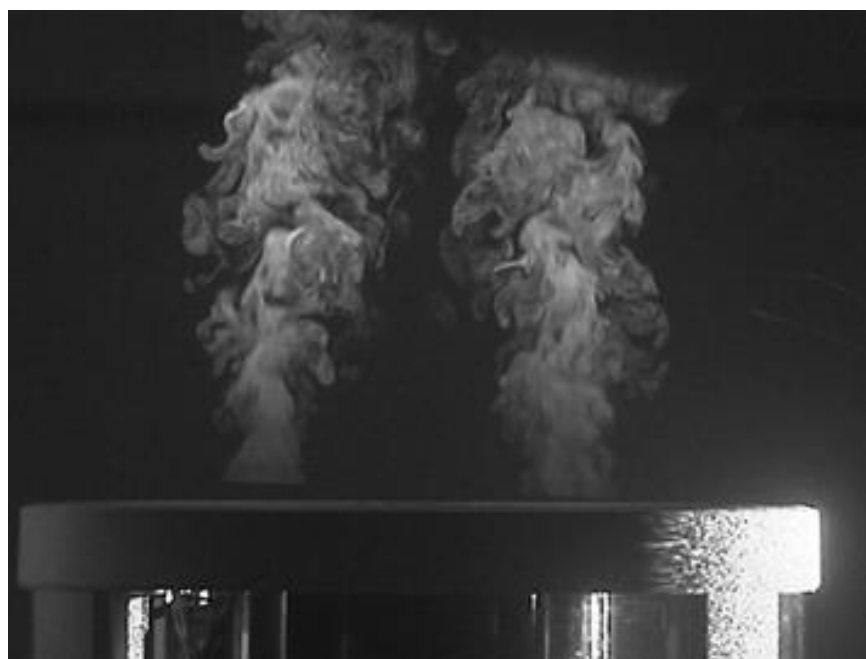


図9 レザー光線による微粒子の流れ (その2)

5 除菌効果比・放出範囲の理論解析

(1) 除菌効果比の理論解析

ナノシード α から放出される超微粒子の粒子径を d_a 、除菌効果を比較したい別の機種（以下では従来品と呼ぶ）の粒子径を d_c とし、粒径比 a を次の様に定義する。

$$\text{粒径比 } a = d_c / d_a \quad (1)$$

例えば、ナノシード α から放出される粒子径を $d_a = 50 \text{ nm}$ 、従来品での粒子径を $d_c = 10 \mu\text{m}$ とすると、

$$\begin{aligned} \text{粒径比 } a &= d_c / d_a \\ &= 10 \mu\text{m} / 50 \text{ nm} \\ &= 0.010 \text{ mm} / 0.00005 \text{ mm} \\ &= 200 \quad (\text{倍}) \end{aligned} \quad (2)$$

この得られた値の200の意味は、ナノシード α から放出される粒子の大きさは、従来品の粒子より、200倍小さいことを意味し、粒子の大きさが $1/200$ になっていることを意味している。

ナノシード α により、従来品より、粒子の大きさが $1/a$ になった場合に、放出される粒子の「トータルの総面積」、「粒子の個数」、「粒子の断面積」の変化は次のようになる。

- 1) ナノシード α から放出される粒子のトータルの表面積は a 倍に増える（注1）
- 2) ナノシード α から放出される粒子の数は a^3 倍に増える（注2）
- 3) 粒子の質量は $1/a^3$ 倍となるため、個々の粒子は軽くなる（注3）
- 4) 同じエネルギーを与えた場合は、粒子の初速度は $a^{1.5}$ 倍に速くなる（注4）。
- 5) 個々の粒子の断面積は $1/a^2$ 倍になり、断面積は小さくなる（注5）

以上のことより、粒子径が、従来品の $1/a$ になると、理論的には次の様に云うことができる。

ナノシード α の理論的特性

放出粒子をナノ化することにより、従来品と比較し、粒子の径が $1/a$ になることにより

- (1) 放出粒子の表面積が a 倍になり、菌と接触する面積も a 倍になり、除菌効果は a 倍となることが期待される。
- (2) 放出される粒子の断面積が $1/a^2$ に小さくなり、粒子に対する空気抵抗が小さくなる。放出される粒子の速度は $a^{1.5}$ 倍に速くなる。このことより、空気抵抗が小さくなり、初速度が速くなるので、粒子の飛ぶ距離は遙かに長くなることが期待される（注6）。

ナノシード α により、放出される粒子が、従来品より $1/a$ に小さくなった場合、従来品と比較し、「粒子の到達高さ」および「粒子の広がり範囲」がどれほどは大きくなるかは、次の物理量を計測することができれば、理論値を示すことができる。

- ① 従来品による放出粒子の粒径 (d)、②ナノシード α による放出粒子の粒径 (d_a)、③従来品による放出粒子の初速度(v_0) ④放出された粒子の一定時間後の速度 (v)、⑤速度が v_0 から v に変化するまでの時間(t)、⑥直径 d の粒子に対する空気抵抗の大きさ(αa)。

(注1) 粒径を $1/a$ にすると球の総面積は a 倍になる

粒径を d とすると球の表面積は $S = \pi d^2$

粒径を $1/a$ にしたとき表面積が n 倍になるとすると

$$\begin{aligned} S &= \pi d^2 \\ &= n \text{ 倍} \times \pi (d/a)^2 \\ &= n \text{ 倍} \times (1/a) \times (\pi d^2) \\ &= n \text{ 倍} \times (1/a) \times S \end{aligned}$$

$$\therefore n = a \text{ 倍}$$

(注2) 粒径を $1/a$ にすると粒子の数は a^3 倍になる

粒径を d とすると粒子の体積は $Vd = 1/6 \cdot \pi d^3$

粒径を $1/a$ にしたとき n 倍の粒子数になるとすると

$$\begin{aligned} Vd &= 1/6 \cdot \pi d^3 \\ &= n \text{ 倍} \times 1/6 \cdot \pi (d/a)^3 \\ &= n \text{ 倍} \times (1/a)^3 \times (1/6 \cdot \pi d^3) \\ &= n \text{ 倍} \times 1/a^3 \times Vd \end{aligned}$$

$$\therefore n = a^3 \text{ 倍}$$

(注3) 粒径を $1/a$ にすると質量は $n = 1/a^3$ 倍になる

粒径が $1/a$ になると、粒子の数は a^3 倍になるから、質量は $1/a^3$ 倍になる。

(注4) 同じエネルギーを与えたときの初速度は $a^{1.5}$ 倍速くなる。

粒子の質量を m 、速度を v とすると、運動エネルギーは $E = 1/2 \cdot m v^2$ となる
エネルギー保存の法則より、粒子が細かくなっても、トータルの運動エネルギーは同じであるため、粒径を $1/a$ にすると、初速度が n 倍になるとすると

$$\begin{aligned} E &= 1/2 \cdot m v^2 \\ &= 1/2 \cdot (m/a^3) \times (n \text{ 倍} \times v)^2 \\ &= (1/a^3) \times n^2 \times (1/2 \cdot m v^2) \end{aligned}$$

ここで $(1/a^3) \times n^2 = 1$ ゆえ

$$n^2 = a^3$$

$$\therefore n = \sqrt{a^3} = a^{3/2}$$

(注5) 粒子径が $1/a$ になると、粒子の断面積は $1/a^2$ 倍になる。

$$C = (1/4) \pi (d/a)^2 = 1/a^2 \times (1/4) \pi d^2$$

(注6) 直線運動の場合、初速度を v_0 、加速度を α 、時間 t 後の変位を s とすれば、変位 s は次式となる。

$$s = v_0 \times t + 1/2 \alpha t^2$$

上式において、粒子径を $1/a$ にすると、

粒子の初速度 v_0 は $a^{1.5}$ 倍となる。

加速度 α は空気抵抗によるブレーキであり、マイナスの値である。

粒子の断面積が $1/a^2$ になれば、空気抵抗も $1/a^2$ に小さくなる。

群馬大学で求めた粒子の速度分布より、加速度 α は計算により求められる。

粒径を $1/a$ にすれば、初速度、加速度のいずれからでも、飛ぶ距離 s は長くなる。

6 まとめ

除菌装置 (ナノシード α) を 1 台使い、溶液 XCS-11D により、100 畳相当の 180m^2 の室内の除菌試験を行った結果、1 時間弱で、広い空間の除菌がおおむね可能であることが分かった。除菌液を、ナノ化し、マイナス電荷を帯びさせることで、広い空間での除菌ができるようになったものと考えられる。

7 謝辞

「ナノシード α から放出される微粒子の流れ」の静止画は、群馬大学理工学部知能機械創製部門 教授石間経章博士に撮影して頂きました。

「空間除菌に関する実験」は、本学生物工学科の卒業研究生の松倉優くんおよび3年生の木下美咲さんに実施して頂きました。

本試験を進めるにあたり本学客員教授の下田祐紀夫博士には多大なご助言、ご指導を頂きました。ご協力頂いた各位に感謝申し上げます。