

nanoseed 性能試験報告書

2023 年 10 月 6 日

nanoseed

長野県佐久市中込 1267-1
株式会社ナノシード

目次

P1 - P8

ナノシード α による空間除菌の可視化報告

P9 - P12

ナノシードイオン水を用いた nanoseed α による除菌・消臭試験結果

P13 - P15

ナノシードイオン水(cleanseed)を用いた落下菌に対する除菌試験

P16 - P18

ナノシードイオン水(cleanseed)を用いたカビ菌に対する生育阻害試験

P19 - P21

ナノシードイオン水(cleanseed)を用いた納豆菌に対する生育阻害試験

P22

nanoseed α を用いたスギ花粉アレルギー Cry j 1 に対する不活性化試験

P23

nanoseed α を用いた香水に対する消臭試験

令和3年2月9日

ナノシード α による空間除菌の可視化報告

－ 1万分の1mm以下の超微粒子の放出・拡散の可視化と除菌効果－

- 1 本報告書の要旨
- 2 空間除菌の可視化の目的
- 3 「ナノシード α からの微粒子」の可視化の難しさ
- 4 透明な微粒子を可視化する一つの方法
- 5 煙による間接的可視化の実験条件
- 6 放出粒子による煙の動きの静止画と動画
- 7 放出粒子の到達範囲
- 8 放出粒子の速度
- 9 ナノシード α の粒子の「速度」と「飛ぶ距離」が除菌に与える効果
- 10 結論
- 11 謝辞
- 12 参考文献

令和2年2月8日

群馬大学 理工学部
知能機械創製部門 博士(工学)

教授 石間経章

〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1

1 本報告書の要旨

予備実験の結果、ナノシード α から放出される粒子は、「透明」であり、レーザー光線に反射せず、レーザー測定器では検出できない粒子であることが分かった。

レーザー光線に反射しない粒子の動きを可視化する一つの方法として、細かい煙を、室内に浮かせておき、透明な粒子を煙にぶつける。粒子がぶつかれば、煙が動く。この煙の動きを可視化することにより、粒子の動きを「間接的」に可視化する方法を用いた。実験室の天井（高さ2.7m）および実験室の隅（ナノシードから約7mの位置）の煙が動いていることを、目視で、確認した。このことにより、ナノシード α からの粒子は、100 畳相当の広い部屋のほぼ隅々まで、飛んでいることいえる。

2 空間除菌の可視化の目的

前橋工科大学が実施した除菌試験において、「ナノシード α （除菌装置）は、100 畳相当の広い部屋（床面積 180m²、天井までの高さ 3m）でも、1 時間弱で、除菌がおおむね可能である」との報告がされている（参考文献 [1]）。

前橋工科大学でのナノシード α の除菌効果を、学術的に裏付ける一つのアプローチとして、ノシード α から放出される「目に見えない超微粒子」の流れを、可視化し、100 畳相当の広い空間（180m²）の隅々まで、超微粒子が実際に飛んでいることの学術的根拠を示すことを最終目標とし、本研究は、その第1歩として、「透明で、1 万分の 1mm 以下の超微粒子」の放出・拡散の運動を、可視化する「煙による間接的方法」により微粒子の運動の可視化を試みる。

3 「ナノシード α からの微粒子」の可視化の難しさ

ナノシード α は、イオン風の発生と同様の原理で液体を室内に散布する。現時点では散布時に排出される液体は粒子状か、イオン化しているか、気化しているかなどの状態を特定するに至っていない。一方で、簡単な目視では超音波加湿器のような微細液滴を発生する方法ではないことが分かる。すなわち、ナノシード α からは透明の流体が放出されており、一見「透明」でレーザー光線に反射せず、レーザー測定器では検出できない。すなわち、可視化での難しさは、粒子が「透明」であることに起因する。

4 透明な微粒子を可視化する一つの方法

細かい煙を、室内に浮かせておく。放出された透明な粒子は、煙にぶつかる。

粒子が煙にぶつかれば、煙は動く。煙が動くということは、ナノシードαの粒子が、そこまで飛んでいることを意味する。

本研究では、ナノシードαの粒子で、煙を動かし、煙の動きにより、粒子の運動を、間接的に可視化する方法を試みる。

5 煙による間接的可視化の実験条件

(1) 微粒子の発生装置

製品名：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

外観：図1

使用容液：A2Care 溶液（精製水 99.99%、亜塩素酸ナトリウム 0.01%）

溶液放出：1 分間 1 mL 放出の連続放出



図1 ナノシードα

(2) 煙溶液

製品名 「SAFEX」(オランダ製)

取り扱いメーカー「Dantec Dynamics」(デンマーク)

煙の大きさ 粒径(平均値) $1 \mu\text{m} = 0.001\text{mm}$ (文献[1])



図 2 煙発生装置

(3) レーザー測定器

製品名 「連続光 DPSS レーザー」
型式 「レイパワー2000 (RayPower 2000)」
製造者 「Dantec Dynamics (デンマーク)」

(5) 煙の運動の動画撮影装置

製品名 「高速度ビデオ装置」
型式 「Q1v」
製造者 「ナックイメージテクノロジー (日本)」

(6) 動画の撮影条件

1 秒当たり 250 コマ

(7) 実験場所

群馬大学工学部 プロジェクト棟 304 実験室
実験室の広さ 横 7m×幅 7.7m×高さ 2.7m (図面上、柱などででっばりあり)

(8) 速度解析のソフト

製品名 「Dynamic Studio」
製造者 「Dantec Dynamics (デンマーク)」

6 放出粒子による煙の静止画と動画

図 3 および図 4 に、放出粒子による煙の動きを示す。

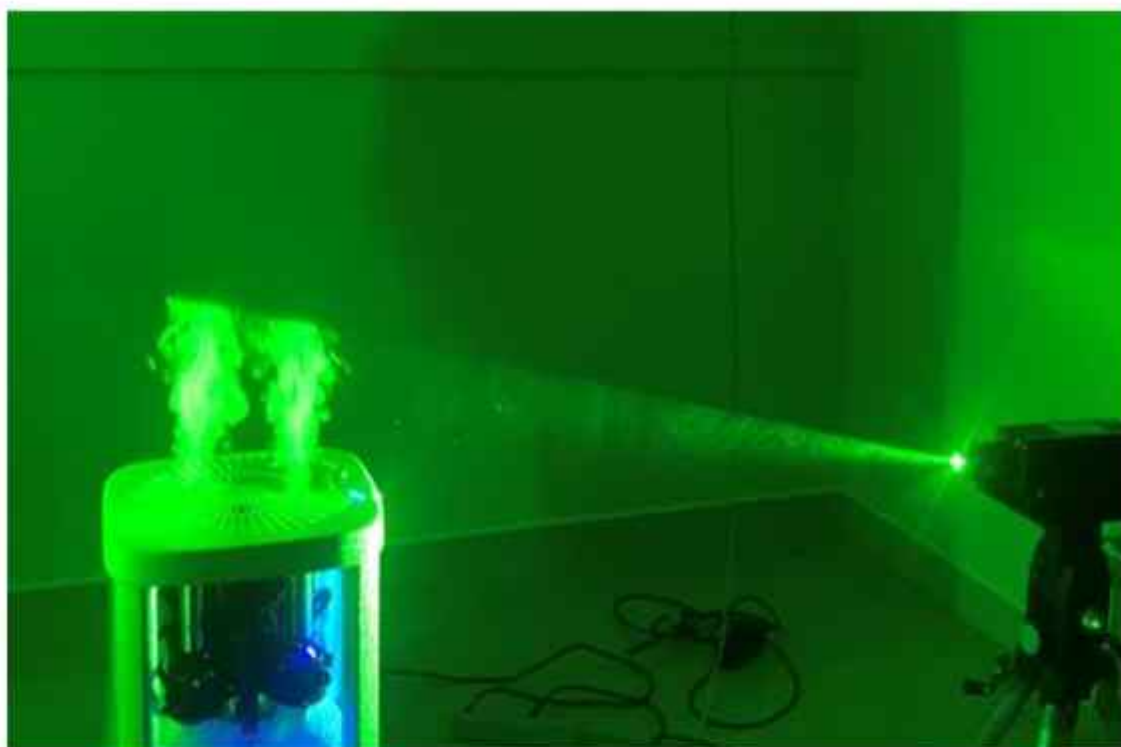


図3 ナノシード α の放出粒子による煙の動き（その1）



図4 ナノシード α の放出粒子による煙の動き（その2）

動画を、次のアドレスにアップロードしている。

<https://nanoseed.jp/mvg/>

7 放出粒子の到達範囲

図3のカメラの先端において、煙の動きが見える。ナノシード α とカメラの距離は1.5mであるので、上に放出された微粒子は、少なくとも、横方向に1.5mは飛んでいることが分かる。

実験室の天井（高さ2.7m）および実験室の隅（ナノシードから7mの位置）で、煙が動いていることを、目視で、確認した。

このことにより、ナノシード α からの粒子は、100畳相当の広い部屋（注1）のほぼ隅々まで、飛んでいるということが出来る。

（注1）ナノシード α を100畳（床面積 165m^2 ）の中央に置くとし、部屋を正四角形とすると、 $165\text{m}^2=12.85\times 12.85\text{m}$ より、部屋の中央から部屋の隅までの距離 l は
 $l=\sqrt{(12.85/2)^2+(12.85/2)^2}\approx\sqrt{41+41}=\sqrt{82}=9.06$
 $\approx 9\text{m}$ となり、粒子が7m飛んでいれば、100畳相当の部屋の隅々まで、飛んでいると云えよう。および図6に、

8 放出粒子の速度

図5に放出微粒子の「垂直方向の速度分布図」、図6に「流れの方向と速度」を示す。

図5および図6における「色」は、速度の範囲を示し、例えば「黄色」は、速度 $0.30\text{m/s}\sim 0.325\text{m/s}$ の速度範囲を示す。

図5および図6より、ナノシード α から放出される粒子の速度は、 $0.175\text{m/s}\sim 0.500\text{m/s}$ の範囲と云える。これらの色から、粒子の平均速度はおよそ 0.35m/s と云えよう。

粒子は1秒間に約35cm進んでいると云える。

図6から、粒子の流れは、単に垂直方向の流れだけではなく、斜め上方向にも向かっており、複雑な流れをしていることが分かる。

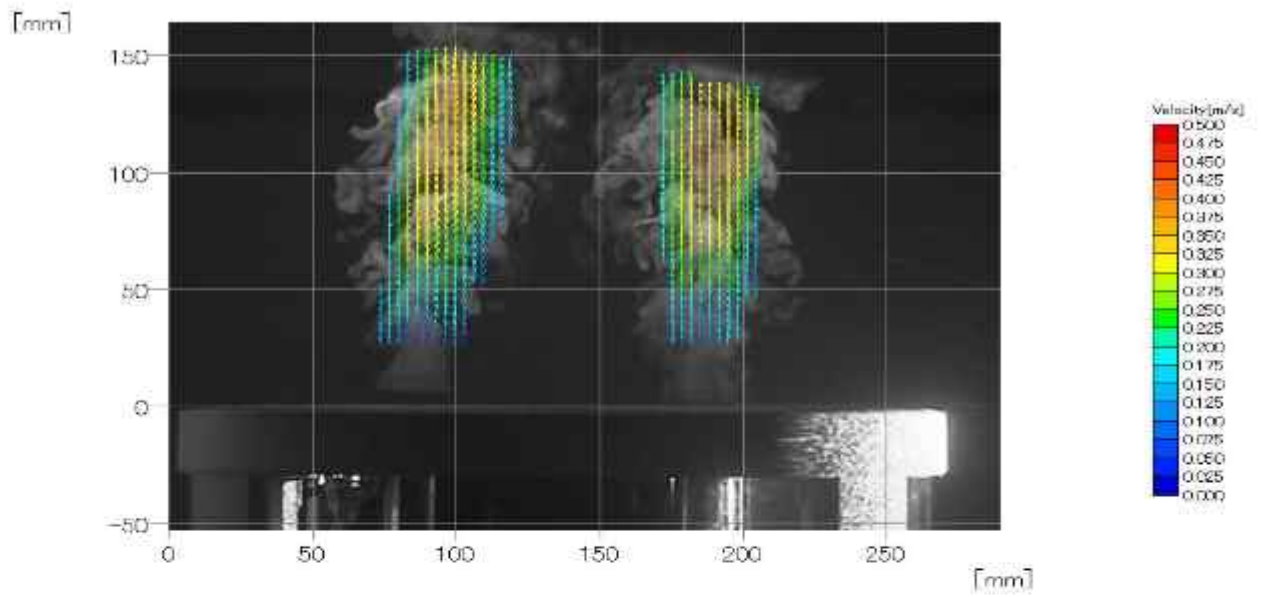


図5 放出粒子の垂直方向の速度（色で速度を示している）

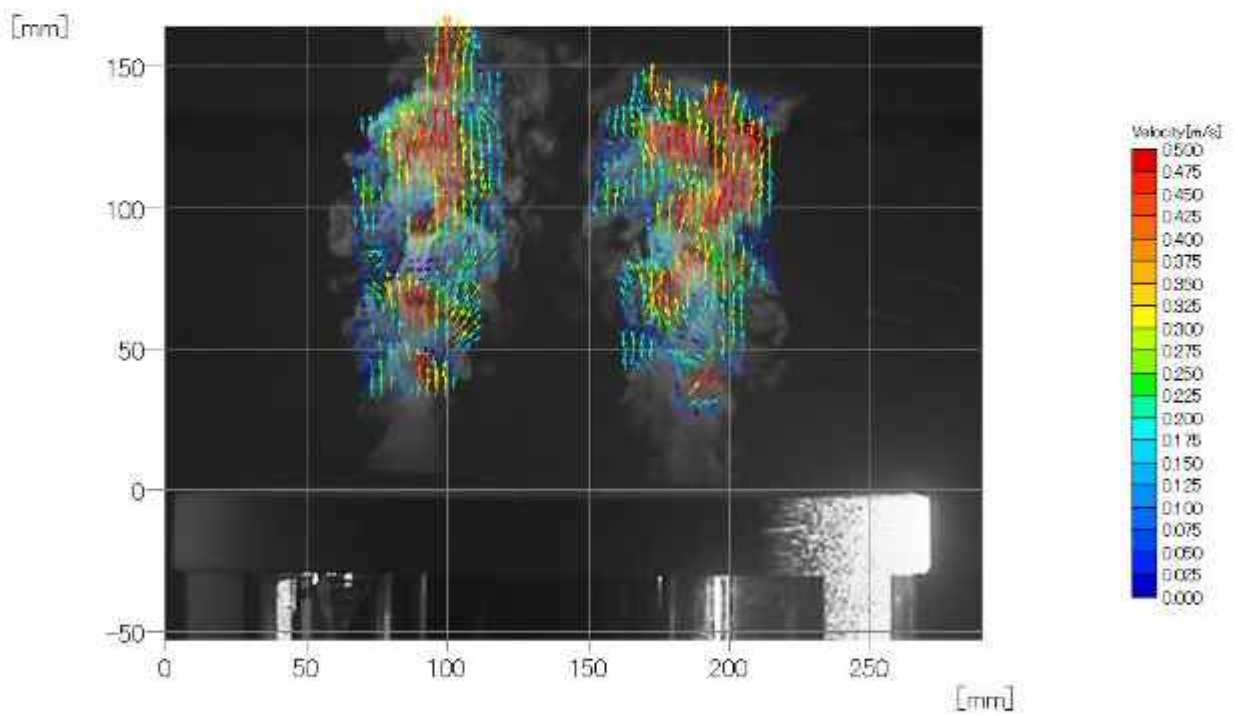


図6 流れの方向と速度（色で速度を示している）

9 ナノシード α の粒子の「速度」と「飛ぶ距離」が除菌に与える効果について

前橋工科大学における理論解析（文献[2]のp.8）では、ナノシード α の粒子は、超音波加湿器の噴霧より、遙かに小さいため、粒子の速度は速く、遠くまで飛ぶことが、理論的に解明示されている。本研究は、前橋工科大学での解析結果を、実証することが出来たと考える。

粒子の速度が速くなると、粒子が菌にぶつかる割合が高くなるため、除菌効果が高まり、飛ぶ距離が長くなることにより、100 畳相当の広い空間での除菌が可能になったと考えられる。

10 結論

粒子の動きを「間接的」に可視化する方法を用いて実験した結果、実験室の天井（高さ 2.7m）および実験室の隅（ナノシードから約 7m の位置）の煙が動いていることを、目視で、確認した。このことにより、ナノシード α からの粒子は、100 畳相当の広い部屋のほぼ隅々まで、飛んでいるということが出来る。

11 謝辞

除菌試験[2]をして頂いた前橋工科大学 教授善野修平博士には、微生物の種類と特性についての情報を提供して頂きました。前橋工科大学客員教授 下田祐紀夫博士には、研究をまとめるに当たっての助言を頂きました。ご協力いただいた両博士に感謝申し上げます。

12 参考文献

- [1] Technical Information , 「SAFEX」、Nebel Fluid Exctra Clean F&D, 2011/2020、vol.19、No.01、2020
- [2] 善野修平、「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」、公立大学法人前橋工科大学、令和2年12月26日

ナノシードイオン水を用いた nanoseed α による除菌・消臭試験結果

株式会社ナノシード

2023年5月25日

〈空間除菌試験〉

試験場所：試験室(幅 1.8 m × 長さ 3.6 m × 高さ 1.8 m、容積 12.2 m³)

装置：nanoseed α

機能水：ナノシードイオン水

試験方法：まず、試験を行う前に、大腸菌と枯草菌、酵母を室内で、30分通気液体培養させて空中浮遊菌を産生した。次に、nanoseed α を稼働して 0,1,2 時間後に除菌装置を止めてから、エアースンプラーを用いて室内空気を吸引して寒天培地上に浮遊菌を捕集した。捕集した培地は室温で培養し、形成したコロニー数を目視で計測した。また、比較対照として、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。

試験結果

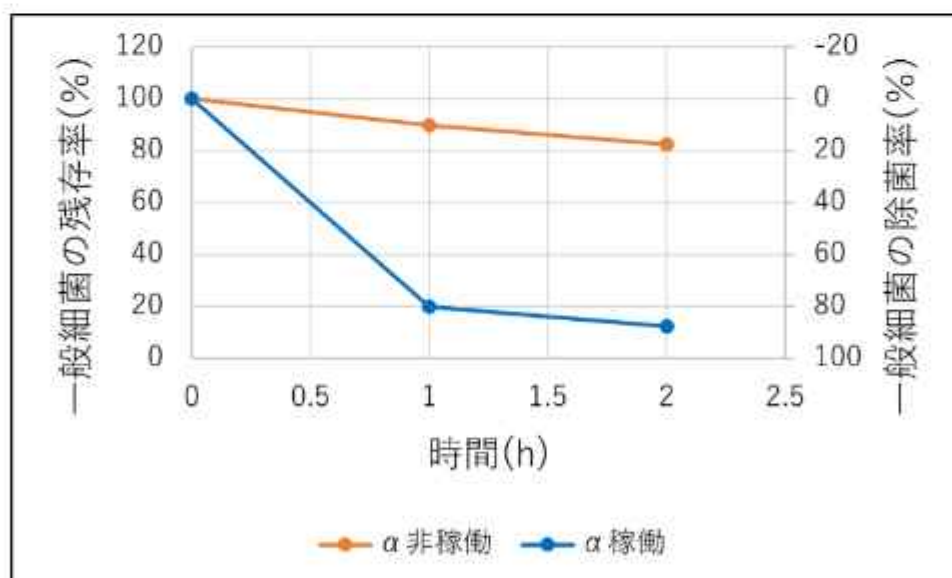


図1 一般細菌に対する除菌効果

除菌率は、2時間時点で装置非稼働で17%、装置稼働で87%であった。

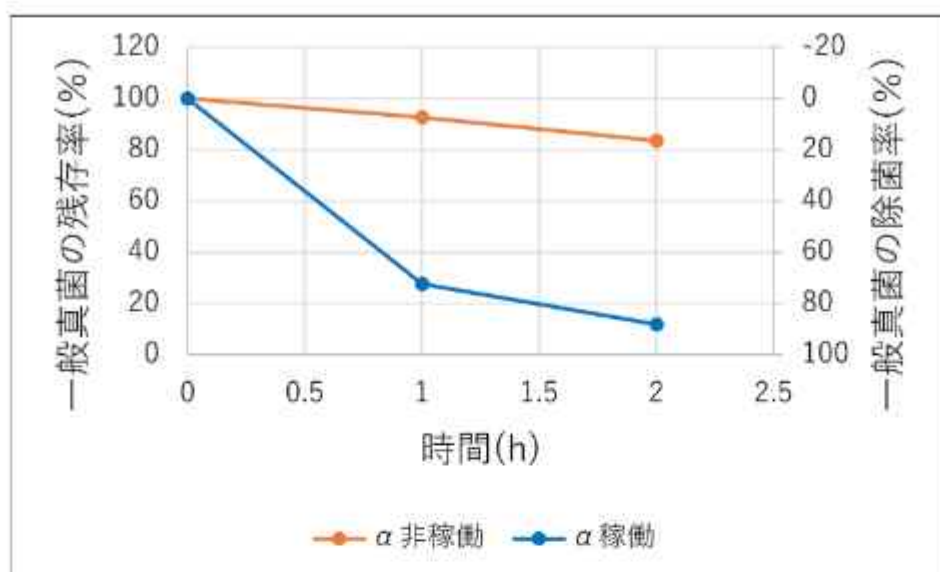


図2 一般真菌に対する除菌効果

除菌率は、2時間時点で装置非稼働で16%、装置稼働で88%であった。

nanoseed αにイオン水を入れ稼働したところ、一般細菌、一般真菌ともに2時間で80%以上の除菌効果が得られた。また、稼働しなかった場合と比較しても明らかな除菌効果の差がみられた。

〈消臭試験〉

試験場所：ガラスケース(幅1.0m×長さ1.0m×高さ1.0m、容積1.0m³)

装置：nanoseed α

機能水：ナノシードイオン水

試験対象：アンモニア、酢酸、ホルムアルデヒド

試験方法：まず、試験を行う前に、シャーレに入れた臭い物質をガラスケース内に置き、臭い物質を拡散させた。次に、nanoseed αを稼働して10分おきに臭い物質の濃度測定を行った。また、比較対照として、装置を稼働させない条件でも、同様な試験を行った。

試験結果

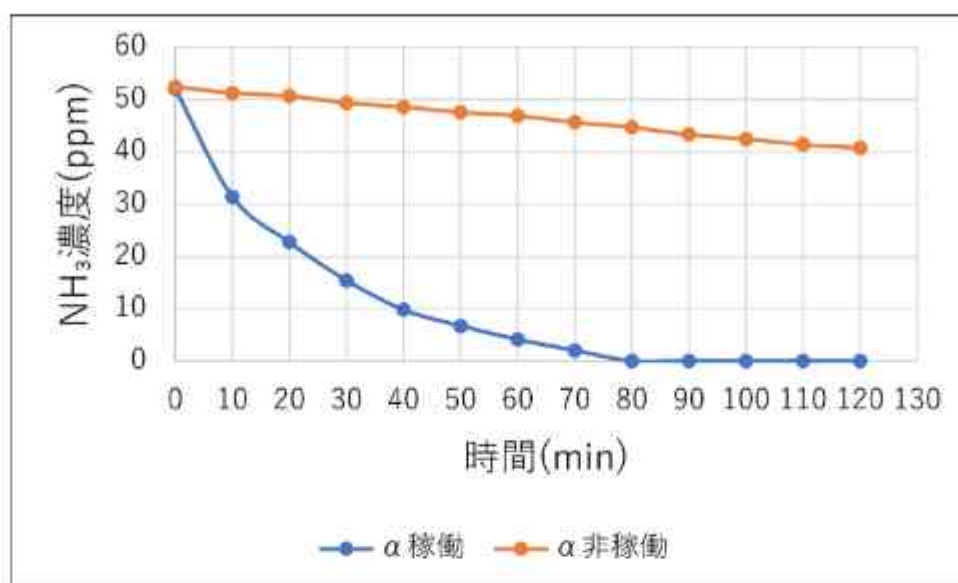


図3 アンモニアに対する消臭効果

消臭率は、80分時点で装置非稼働で14%、装置稼働で100%であった。

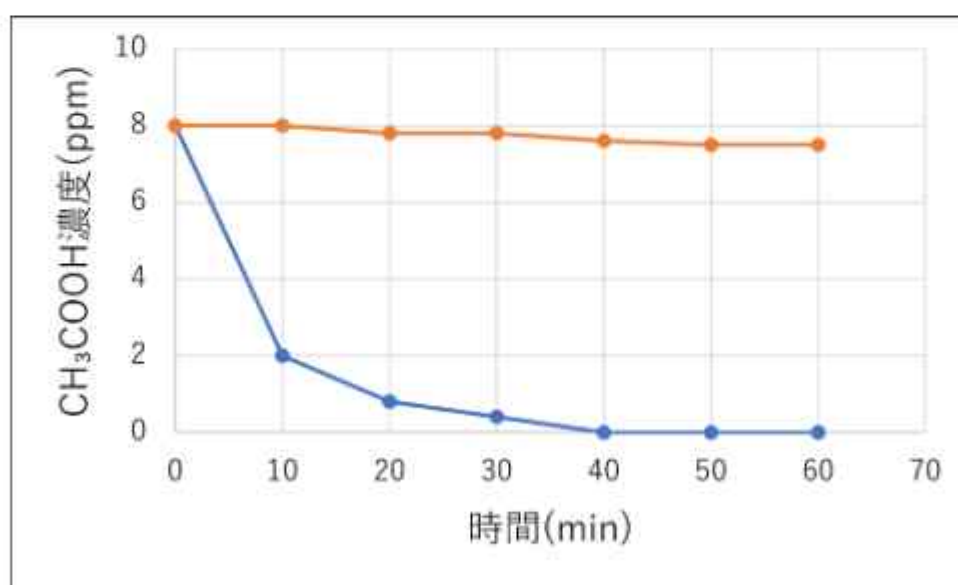


図4 酢酸に対する消臭効果

消臭率は、40分時点で装置非稼働で5%、装置稼働で100%であった。

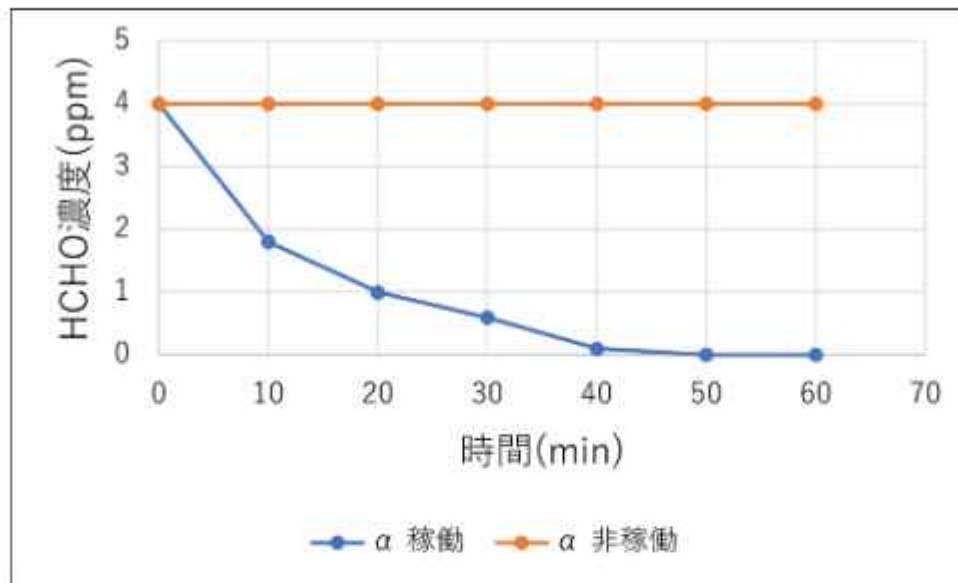


図5 ホルムアルデヒドに対する消臭効果

消臭率は、50分時点で装置非稼働で0%、装置稼働で100%であった。

nanoseed α にイオン水を入れ稼働したところ、アンモニア、酢酸、ホルムアルデヒドに対して消臭効果があることが分かった。消臭にかかる時間は対象の濃度に依存するものである。

ナノシードイオン水(cleanseed)を用いた落下菌に対する除菌試験

株式会社ナノシード

2023年10月2日

試験場所：ガラスケース(幅1.0m×長さ1.0m×高さ1.0m、容積1.0m³)

装置：nanoseed M

機能水：ナノシードイオン水(cleanseed)

試験方法：試験ではまずガラスケース内を半分に仕切り、nanoseed Mを稼働する側、しない側で分けた(図1)。次に、栄養培地を6枚用意し、3枚ずつガラスケース内にシャーレのフタを開けた状態で設置した。その状態で放置し、時間経過ごとに写真で記録しながら落下菌の増殖を観察した。培地の乾燥を防ぐため、試験開始前に超音波加湿器を用い、ガラスケース内の湿度を高い状態にして試験を開始した。



図1 試験の様子

試験結果

nanoseed M稼働なし



nanoseed M稼働あり



図2 1日経過後の培地の様子

nanoseed M稼働なし



nanoseed M稼働あり



図3 2日経過後の培地の様子

nanoseed M稼働なし



nanoseed M稼働あり



図4 3日経過後の培地の様子

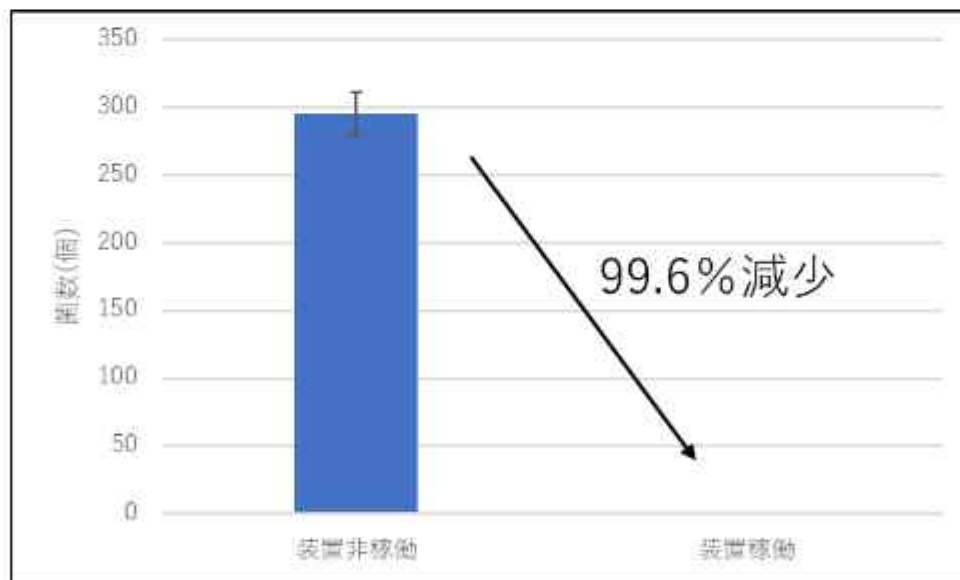


図5 3日経過後の培地の菌数の差

今回ナノシードイオン水を用いて落下菌に対する除菌試験を行ったところ、装置の稼働ありとなしでは培地の菌の増殖の度合いに違いがみられた。図5から分かるように、0.5m³の空間でnanoseed Mを稼働することで99%の落下菌の生育を抑制できることが分かった。

ナノシードイオン水(cleanseed)を用いたカビ菌に対する生育阻害試験

株式会社ナノシード

2023年10月3日

試験場所：ガラスケース(幅1.0 m×長さ1.0 m×高さ1.0 m、容積1.0 m³)

装置：nanoseed M

機能水：ナノシードイオン水(cleanseed)

試験方法：今回使用したカビ菌について同定を試みた結果、*Trichoderma Virens* であるという結果であった。試験ではまずガラスケース内を半分に仕切り、nanoseed Mを稼働する側、しない側で分けた(図1)。次に、カビ菌を中央に植菌した栄養培地を6枚用意し、3枚ずつガラスケース内にシャーレのフタを開けた状態で設置した。その状態で放置し、時間経過ごとに写真で記録しながら生育度合いを観察した。培地の乾燥を防ぐため、試験開始前に超音波加湿器を使い、ガラスケース内の温度を高い状態にして試験を開始した。



図1. カビ菌に対する生育阻害試験の様子

試験結果

nanoseed M稼働なし



nanoseed M稼働あり



図2 *T. Virens* の経時変化の写真 (1日経過)

nanoseed M稼働なし



nanoseed M稼働あり



図3 *T. Virens* の経時変化の写真 (2日経過)

nanoseed M稼働なし



nanoseed M稼働あり



図4 *T. Virens*の経時変化の写真(3日経過)

nanoseed M稼働なし



nanoseed M稼働あり
(cleanseed)



経過日数

1日

2日

3日

図5 *T. Virens*の経時変化の写真

ガラスケース内で nanoseed M を稼働したところ、*T. Virens* が中央から広がっている様子はみられるが、培地の表面だけであり、胞子のようなものはみられなかった。装置の稼働なしの方では、時間の経過とともに胞子のようなものが広がっていき、色がつくのも観察された。また、浮遊菌の付着の度合いにも違いがみられた。

このことから、cleanseed を機能水として装置を稼働することは、カビ菌に対する生育阻害効果があるものと考えられる。

ナノシードイオン水(cleanseed)を用いた納豆菌に対する生育阻害試験

株式会社ナノシード

2023年10月20日

試験場所：ガラスケース(幅1.0m×長さ1.0m×高さ1.0m、容積1.0m³)

装置：nanoseed M

機能水：ナノシードイオン水(cleanseed)

試験方法：本試験では、納豆菌として *Bacillus Subtilis natto* (Miyagino 株)を使用した。まず、ガラスケース内を半分に仕切り、nanoseed Mを稼働する側、しない側で分けた(図1)。次に、納豆菌を塗布した栄養培地を8枚用意し、4枚ずつガラスケース内にシャーレのフタを開けた状態で設置した(培地に塗布した納豆菌はそれぞれ違う濃度である)。その状態で放置し、時間経過ごとに写真で記録しながら生育度合いを観察した。培地の乾燥を防ぐため、試験開始前に超音波加湿器を用い、ガラスケース内の湿度を高い状態にして試験を開始した。



図1 試験の様子

試験結果：

nanoseed M稼働なし



nanoseed M稼働あり



図2 1日経過後の培地の様子(左から濃度の高い順)

nanoseed M稼働なし



nanoseed M稼働あり



図3 2日経過後の培地の様子(左から濃度の高い順)

nanoseed M稼働なしの側では納豆菌のコロニーの生育がみられた。また、nanoseed M稼働ありの側では納豆菌のコロニーの生育が全くみられなかった。このことから、cleansedを使用し nanoseed Mを稼働することは納豆菌に対して生育阻害効果があると考えられる。

nanoseed M 稼働ありの側について、試験後に3日間シャーレのフタを閉めた状態で、室温で放置した培地の写真を以下に示す。

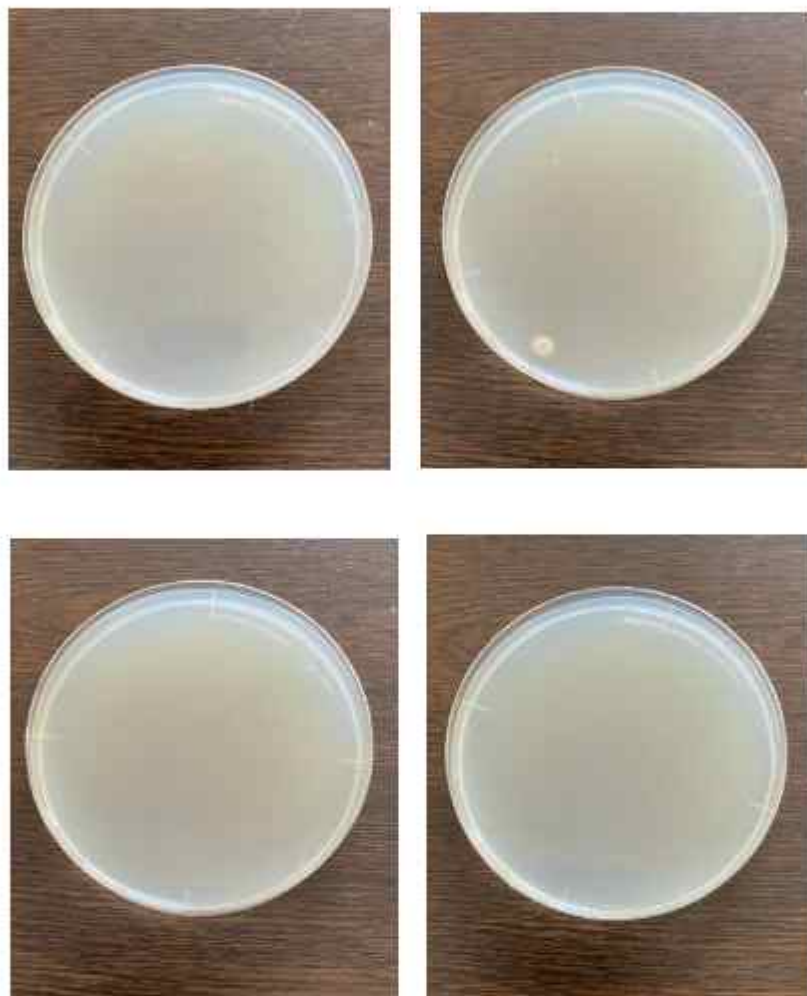


図4 nanoseed M 稼働あり側の試験3日後の培地の様子

図4より、試験後に3日間室温で放置した状態でも培地に納豆菌の増殖はみられなかった。そのため、装置を稼働した空間では納豆菌の生育を完全に抑えることができていると考えられる。

また、図4の右上の写真にコロニーが1つみえるが、これは見た目から納豆菌とは考えにくい。試験後に一般大気中の菌が入り込んだものだと考えられる。

nanoseed αを用いたスギ花粉アレルギー Cry j 1 に対する不活性化試験

株式会社ナノシード

2023年7月18日

試験場所：ガラスケース(幅 1.0 m × 長さ 1.0 m × 高さ 1.0 m、容積 1.0 m³)

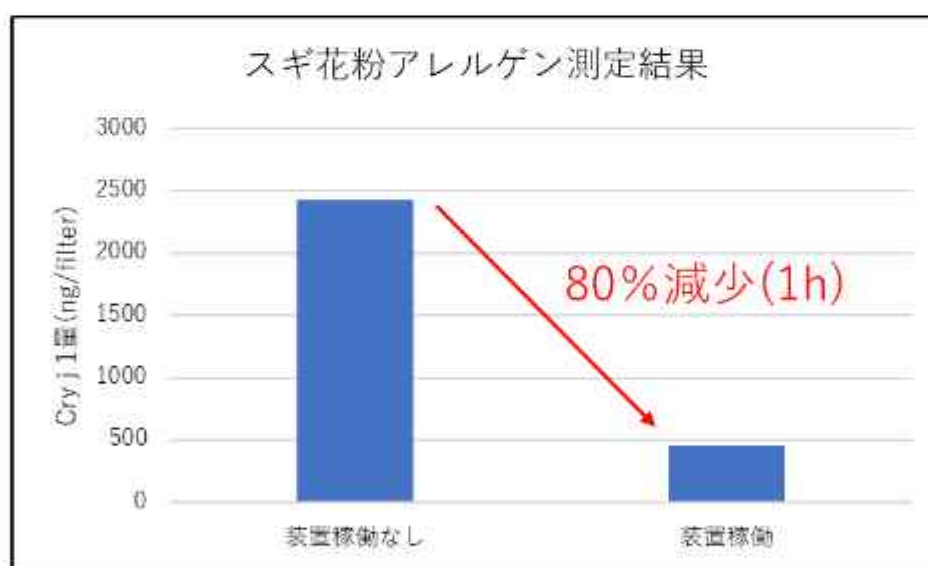
装置：nanoseed α

機能水：ナノシードイオン水

試験方法：本試験には、ヤミゾ花粉研究会より購入したスギ花粉を使用した。まず、スギ花粉を不織布フィルター上に乗せた。次に、フィルターをガラスケース内に置き、ほぼ密閉状態で nanoseed α を 1 時間稼働させた。比較対照として、nanoseed α を稼働しない条件でも同様の試験を行った。回収したフィルターは花粉のアレルゲン測定を行っている環境アレルゲン info and care 株式会社へ送り、スギ花粉の主要アレルゲンである Cry j 1 量の測定を依頼した。

※Cry j 1 は日本スギ(*Cryptomeria japonica*)花粉の主要アレルゲンの1つ

試験結果：



装置を用いた花粉試験(株式会社ナノシード)
アレルゲン測定(環境アレルゲン info and care 株式会社)

nanoseed α を 1 時間稼働させることで、スギ花粉の主要アレルゲンである Cry j 1 を 80% 不活性化できることが分かった。これは、nanoseed α を稼働させることにより発生する活性なガスや各種ラジカルの効果であると考えられる。

nanoseed αを用いた香水に対する消臭試験

株式会社ナノシード

2023年8月18日

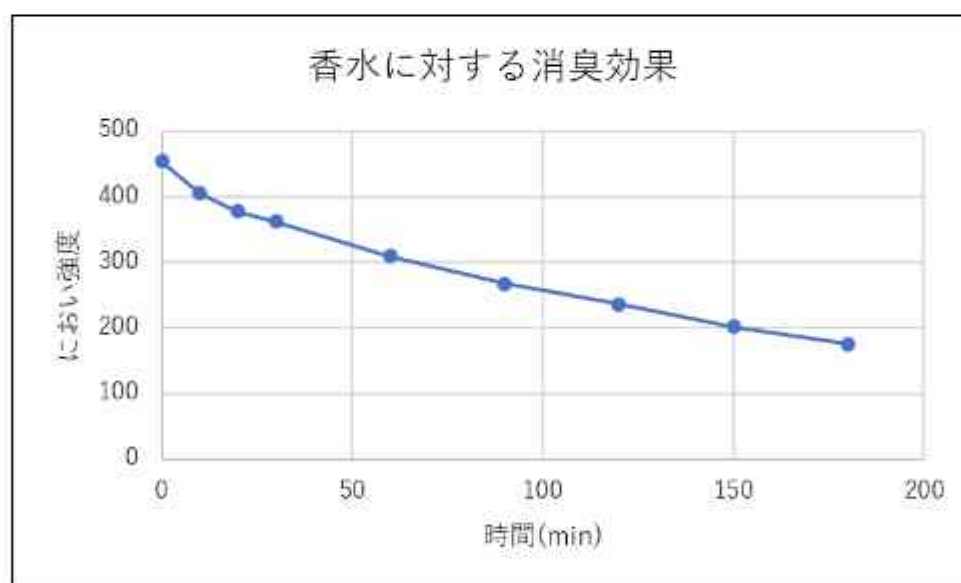
試験場所：ガラスケース(幅1.0 m×長さ1.0 m×高さ1.0 m、容積1.0 m³)

装置：nanoseed α

機能水：ナノシードイオン水

試験方法：本試験には、エルメスの香水を使用した。まず、香水をキムワイブに1プッシュ吹きかけた。次に、シャーレに乗せたキムワイブをガラスケース内に置き1分間放置し、におい成分を拡散させた。その後シャーレごとキムワイブを取り出し、ほぼ密閉状態でnanoseed αを稼働させ、時間経過を追ってにおいの強さを測定した。ガラスケース内の空気はサーキュレーターで常に攪拌していた。におい成分の測定には、新コスモス電機株式会社のポータブル型ニオイセンサ(XP-329m)を使用した。

試験結果：



nanoseed αを稼働させることで、今回使用した香水に含まれるにおい成分を減らすことができた。これは、nanoseed αを稼働させることにより発生する活性なガスや各種ラジカルの効果により、におい成分が分解または反応するためであると考えられる。

消臭の効果(かかる時間等)は、臭い成分の濃度や使用する空間の広さに依存するものと考えられる。