

2023年4月19日

新潟大学

## 水と空気から消毒液を生成 — 新潟大学大学院生らがナノ技術で —

新潟大学大学院医歯学総合研究科微生物感染症学分野の滝澤史雄歯科医師(大学院生、新潟大学フェローシップ生(注))と土門久哲准教授・寺尾豊教授らは、空気から生成したオゾンを経由して水を長時間浮遊化させることにより、安全安心かつ安価な消毒液が作成できることを報告しました。また、歯学部生の清水香奈さんも、歯学研究演習授業の一環として研究に参画し重要な解析を担当しました。本研究成果は、2023年4月12日、国際科学誌 *PLOS ONE* の電子版に公開されました。

### 【本研究成果のポイント】

- 新型コロナウイルスや抗生物質の効かない細菌に対しては、感染してから治療するよりも消毒などで感染予防を行うことが大切である。
- しかし、エタノールやヨード系消毒液には、アレルギーの心配がある。また、バイオエタノール製造には、途上国の食料供給の悪化や森林伐採による環境破壊などが伴い、SDGs の観点から解決できない課題もあり、供給不足に陥ることがある。
- 消毒効果を持つオゾンは、水に溶かしても短時間で空気中へ移動し、消毒効果が持続しない課題があった。そこで、ナノ技術を用いて長時間オゾンを水中に溶かすことで、薬剤耐性菌や食中毒原因菌などに対しても、実用レベルで消毒効果を発揮させることに成功した。
- この消毒液の素材は、水とオゾン(空気から生成し、時間が経つと酸素になる)のみであり、安全・安心・安価なことが既存の化学薬品ベースの消毒液とは異なる。

## I. 研究の背景

新型コロナウイルスの流行を受け、消毒液を使うことが増えました。そのため、消毒液の供給不足、購入費による家計の圧迫、そして使用済み液の排出による環境悪化への懸念などの各種課題が生じています。最も一般的なエタノール消毒液は、アレルギーの問題のほか、製造段階におけるコストや材料調達の問題もあります。素材の1つであるバイオエタノールは、トウモロコシや木材などから合成されます。しかし、それら材料を確保するために、途上国の食料供給の悪化や熱帯雨林の環境破壊が引き起こされています。つまり、SDGs の観点から解決困難な課題を抱えています。そこで、エタノールなどの化学薬品を用いた既存消毒液に替わる、水と空気ベースの「安全かつ安心、そしてSDGsな国産消毒液」の開発を目指しました。

## II. 研究の概要

酸素原子から構成されるオゾンは空気から生成でき、各種微生物に消毒活性を示します。しかし、通常の方法で水に溶解させたオゾンは、すぐに気泡として水面へ浮上し、空気中で酸素へと分解される欠点を持ち、消毒液には適していません。そこで、気体を約100 nmのバブル、すなわちナノサイズ(ナノは10億分の1)の気泡にしてから水に溶解する「ナノバブル技術」に着目しました。ナノバブルは、長時

間水に溶け続けることが報告されています。その理由はナノサイズの直径により、浮力が誤差程度にしか生じず、ナノサイズの気泡は水面へ浮上することなく溶液中に維持されるからです。本研究では、オゾンナノバブル状態で水に溶解する装置を開発し(新潟大学工学部の牛田晃臣准教授とフューテックニイガタ合同会社の樋渡忠氏らとの共同研究)、24 時間以上、消毒効果のあるオゾン濃度が水中で維持される消毒液(=オゾン・ナノ水)を生成しました。そして、食品加工や調理の場、介護施設や病院で病原性を発揮する各種細菌に対するオゾン・ナノ水の消毒効果(人体に悪影響の無い条件下で)を調べました。

### Ⅲ. 研究の成果

写真1:同一被験者の左手をオゾン・ナノ水で洗浄し、右手を蒸留水で洗浄後、自然乾燥させた左手および右手を寒天培地に圧接し一晚培養しました。その結果、オゾン・ナノ水洗浄(写真左)では、蒸留水洗浄(写真右)と比べ、手指の細菌が有意に減少しました。

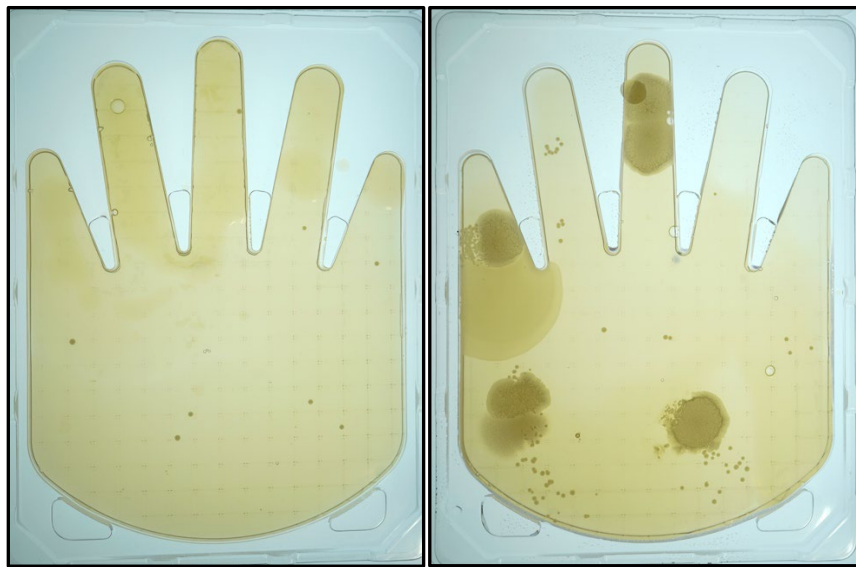


写真1 手指の細菌への効果(左:オゾン・ナノ水で消毒/右:蒸留水で手洗い)

写真2:被験者ごとに歯列を歯ブラシで刷掃し、刷掃後の歯ブラシを生理食塩水に浸漬し、超音波にて付着細菌を回収しました。回収した細菌懸濁液に、オゾン・ナノ水もしくは蒸留水を加え、その後に寒天培地に滴下し一晚培養しました。その結果、オゾン・ナノ水添加(写真左)では、蒸留水添加(写真右)と比べ、細菌が有意に減少しました。

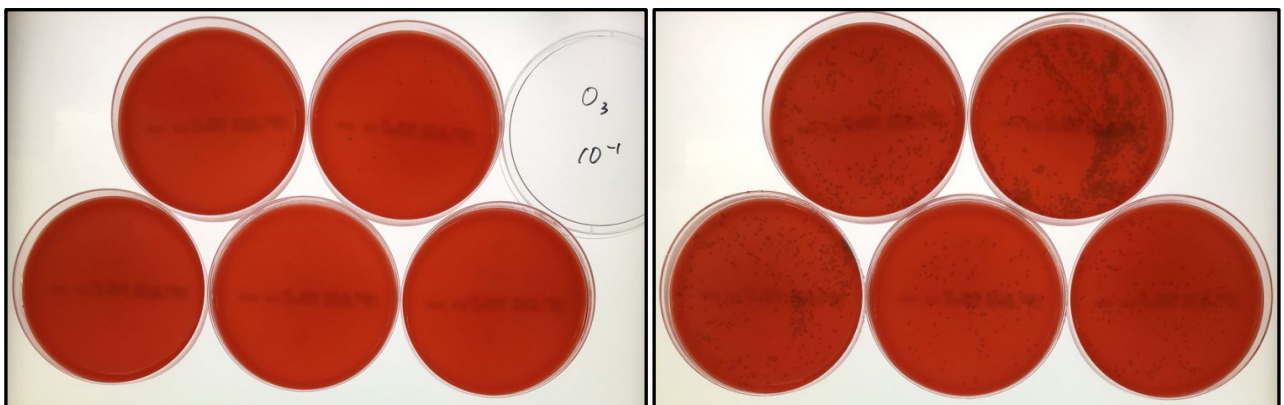


写真2 歯ブラシ上の細菌への効果(左:オゾン・ナノ水で消毒/右:蒸留水で洗浄)

写真3:緑膿菌は、水道などの水廻りを好んで生育し、院内感染などを引き起こしますが、抗生物質が効きにくく、感染すると治療が困難になります。写真3の実験では緑膿菌を培養し、オゾン・ナノ水もしくは蒸留水を加え、その後に寒天培地に滴下し一晩培養しました。その結果、オゾン・ナノ水添加(写真左)では、蒸留水添加(写真右)と比べ、緑膿菌が有意に減少しました。

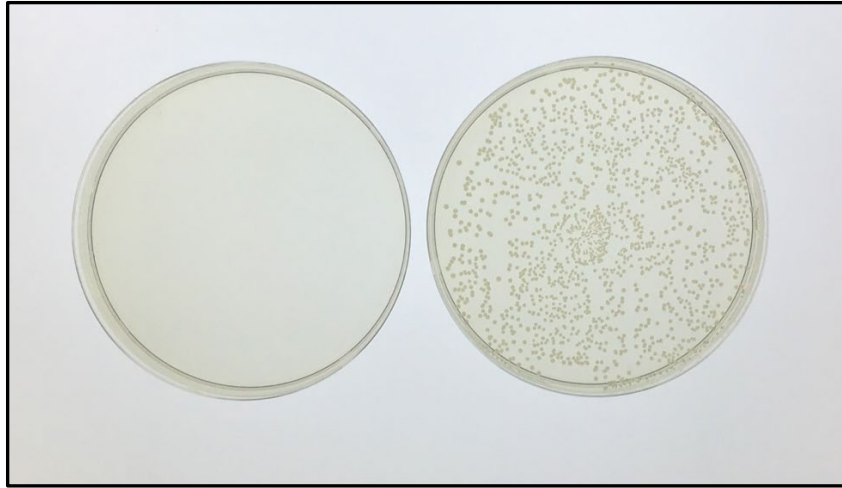


写真3 水回りの病原細菌(緑膿菌)への効果(左:オゾン・ナノ水で消毒/右:蒸留水で洗浄)



写真4 オゾン・ナノ水の製造装置(開発中のプロトタイプ)

#### IV. 今後の展開

オゾンは自然環境下で酸素に分解されるため、環境負荷が低いという利点を持ちます。さらに、オゾン・ナノ水は、空気由来のオゾンと水のみを原料とするため、一度 小型の生成装置を導入すれば、低コストで長期的・大量に生産可能となります。そのため、新型コロナウイルス感染拡大時に発生した、エタノール買い占め等による消毒液の欠品問題の解決策ともなり得ます。

医療の場では、病院スタッフの手指や医療機器の消毒に活用でき、安全で安心な院内感染対策に繋がると考えられます(写真1)。介護施設などの集団生活の場では、入所者それぞれの歯ブラシや持ち物を安心安全に消毒することにも使えます(写真2)。また、食品を扱う調理場や病院・介護施設などの水回りに繁殖する病原細菌に対しても、消毒液として使用できる将来性も有します(写真3)。

さらには、トウモロコシや木材等を原料とするバイオエタノールとは異なり、途上国の食や地球環境への弊害なく、安価に大量製造が可能であり(写真4)、SDGs な国際貢献の可能性も有します。

## V. 研究成果の公表

本研究成果は、2023 年 4 月 12 日、国際科学誌 *PLOS ONE* の電子版に公開されました。

論文タイトル: Ozone ultrafine bubble water exhibits bactericidal activity against pathogenic bacteria in the oral cavity and upper airway and disinfects contaminated healthcare equipment

著者: Takizawa F, Domon H, Hiyoshi T, Tamura H, Shimizu K, Maekawa T, Tabeta K, Ushida A, Terao Y

doi: 10.1371/journal.pone.0284115

## VI. 謝辞

本研究は、JSPS 科研費ならびにテルモ生命科学振興財団、新潟大学フェローシップの助成を受け、新潟大学工学部の牛田晃臣准教授とフューテック新潟の樋渡忠氏らとの共同研究で行われました。

### 【用語解説】

(注)新潟大学フェローシップ生

新潟大学フェローシップ事業(科学技術振興機構(JST)「科学技術イノベーション創出に向けた大学フェローシップ創設事業」採択事業)の支援対象者として採用された大学院博士(後期)課程学生。フェローシップ生には研究専念支援金と研究費が支給されるとともに、多様なキャリアパスが選択できるような育成プログラムが提供される。

### 本件に関するお問い合わせ先

新潟大学 大学院医歯学総合研究科(歯学系)

微生物感染症学分野

教授 寺尾 豊 (てらお ゆたか)

E-mail terao@dent.niigata-u.ac.jp