

2024年7月11日

新潟大学

# ナノ技術で水と空気から生成した消毒液を用いて 殺菌と細菌毒素を分解

— 新潟大学大学院生らが報告 —

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，日本学術振興会特別研究員），土門久哲准教授，寺尾豊教授らの共同研究グループは，ナノ技術を用いて空気と水から生成したオゾンナノ水が，細菌の殺菌に加えて細菌毒素を分解することを明らかにしました。同大学工学部の牛田晃臣准教授，農学部の筒浦さとみ准教授らとの異分野融合研究でもある本研究成果は，2024年7月10日，国際科学誌「PLOS ONE」のオンライン版に掲載されました。

## 【本研究成果のポイント】

- 空気中の酸素より生成したオゾンガスを，ナノ技術を用いて水中に分散させることで，様々な細菌に対して殺菌作用を発揮するオゾンナノ水を生成した。
- オゾンは空気中で分解されて酸素に戻るため，オゾンナノ水は安心・安価な消毒液として使用できる将来性を有する。
- 本研究において，オゾンナノ水は殺菌作用を有するだけでなく，細菌の毒素も分解することを明らかにした。
- 医療現場，食品産業，介護施設などの多岐にわたる領域において，安全で安心な消毒液としてのオゾンナノ水の実用化が期待される。

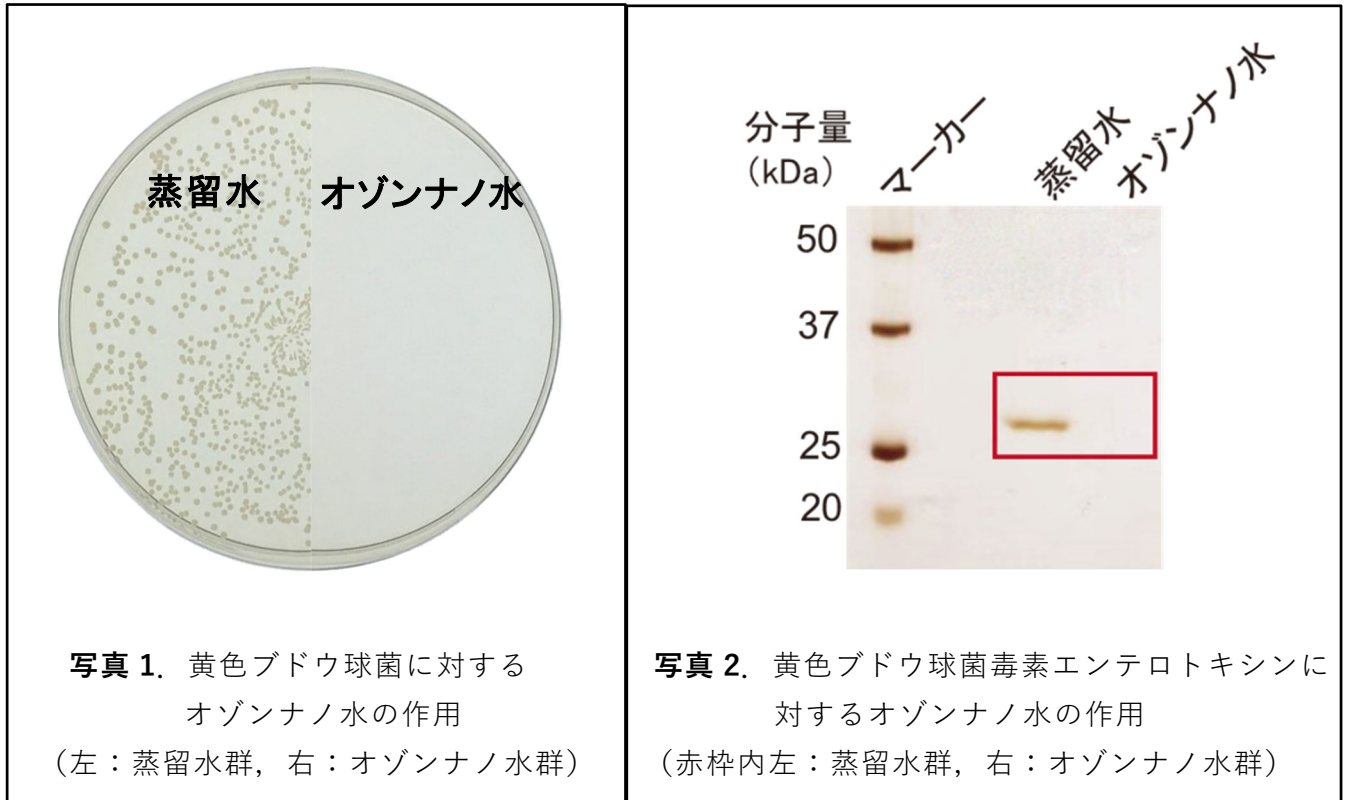
## 1. 研究の背景

新型コロナウイルスの流行を受け，消毒液を使う機会が増えました。そのため，消毒液の供給不足，一部消毒液に対するアレルギーや使用済み液の排出による環境悪化などの各種課題が生じました。本研究グループは，これらの課題を解決するため，空気から生成可能なオゾンガスに着目しました。

オゾンガスには①ウイルスや細菌を不活化・殺菌する作用および②タンパク質を酸化分解する作用などがあります。しかしながら，オゾンガスは水に溶けにくく，消毒液等として使用することが困難であるという欠点もありました。先行研究において，本研究グループは空気からオゾンを生成し，ナノサイズ（約 100 nm）の泡にしてから水に溶解する「ナノバブル技術」を用いてオゾンナノ水を生成しました<sup>(注1)</sup>。ナノサイズの泡は浮上することがないため，水中に長時間維持されます。ナノバブル技術を用いることにより，オゾンを 24 時間以上，水中に維持することが可能となり，実用レベルで消毒効果を持続させることが可能となりました。

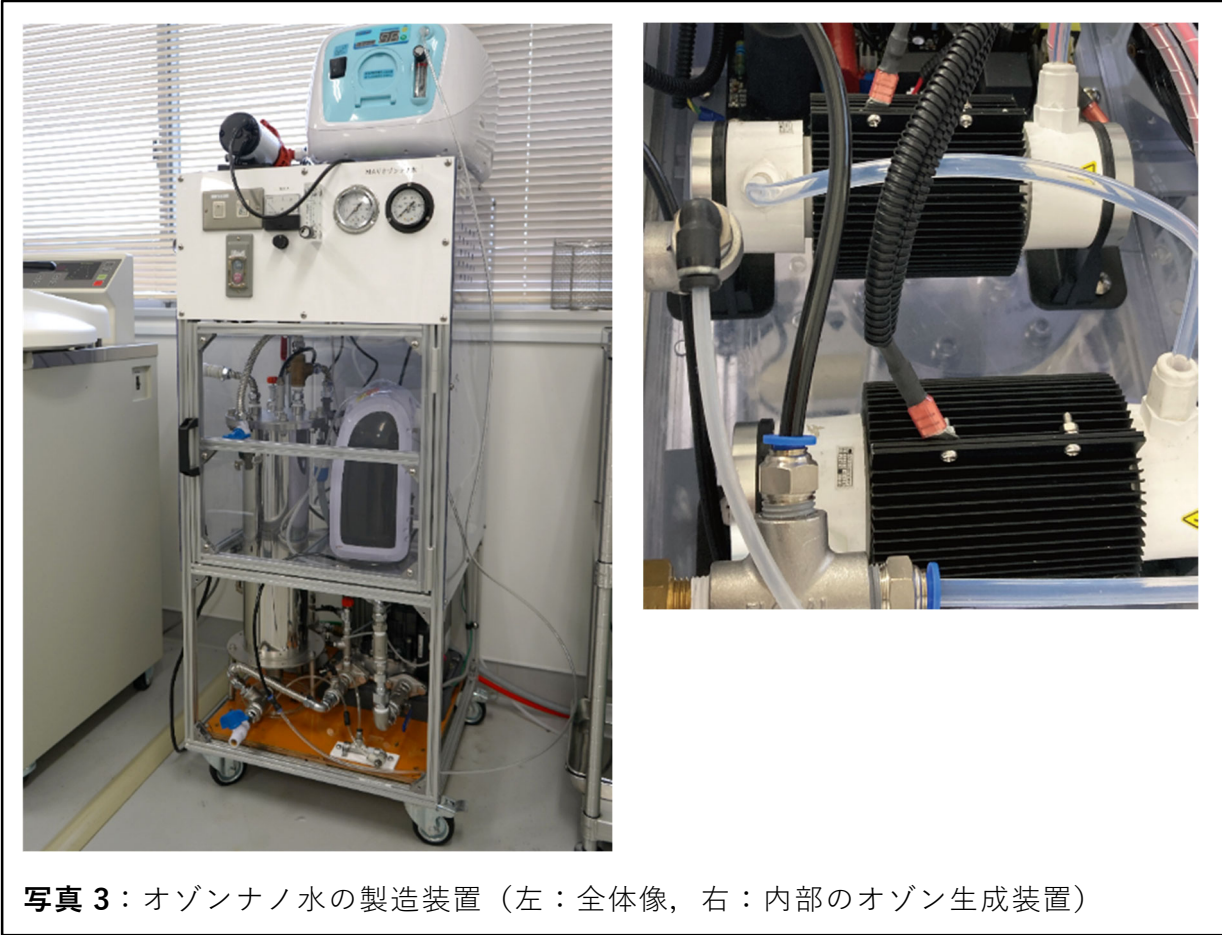
## II. 研究の概要・成果

オゾンナノ水は様々な細菌に対して殺菌作用を発揮します。しかしながら、一部の食中毒原因菌の場合、菌そのものを死滅させても、産生された毒素の残存により病気を引き起こすことが報告されています。本研究では、食中毒原因菌および細菌毒素に対するオゾンナノ水の作用について解析を行いました。



**写真 1：**食中毒や院内感染の原因菌であり、薬剤耐性化が進行している黄色ブドウ球菌を材料に選出しました。同菌を培養し、蒸留水またはオゾンナノ水に作用させた後に細菌培養用の寒天培地で一晚増殖させました。その結果、オゾンナノ水に作用させた群では、菌の生育を示すコロニー（写真 1 グレーのドット部分）が確認されませんでした。これは、オゾンナノ水が全ての黄色ブドウ球菌を死滅させたことを示しています。

**写真 2：**黄色ブドウ球菌は、手指や医療器具、調理器具や食品に残存することがあります。食品の中などで増殖する際、エンテロトキシン（毒素の 1 つ）を産生して食中毒を引き起こします。エンテロトキシンは、100°C で 30 分間加熱しても分解できません。そのため、一度毒素が食品中で産生されると、一般的な加熱調理では毒素が残存し、食中毒を防ぐことが困難となります。そこで次に、エンテロトキシンを蒸留水またはオゾンナノ水と混合し、電気泳動と染色を行い、毒素を可視化しました。その結果、オゾンナノ水と混合した群では、エンテロトキシンを示すタンパク質バンドが消失し、オゾンナノ水はエンテロトキシンを分解することが明らかとなりました。さらに、オゾンナノ水は、歯周病原菌や肺炎原因菌の産生する毒素もそれぞれ分解し、それぞれの毒素活性を消失させることも示されました。



**写真 3**：オゾンナノ水の製造装置（左：全体像，右：内部のオゾン生成装置）

**写真 3**：改良中のオゾンナノ水製造装置を示します。一部の部品を入れ替えるなどの改良を進め、以前よりもより安定的に高濃度のオゾンナノ水が生成できるようになりました。

### III. 今後の展開

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、生成装置を一度導入すれば、地球環境への弊害なく、長期的・大量に生産可能となります。安価に製造することが可能であるため、発展途上国における感染症や食中毒の予防にも役立つことが期待されます。今後、医療現場での消毒や感染予防、食品産業での衛生管理など多岐にわたる実用化を目指します。

### IV. 研究成果の公表

本研究成果は、2024年7月10日、国際科学誌「PLOS ONE」のオンライン版に掲載されました。

【論文タイトル】 Effective degradation of various bacterial toxins using ozone ultrafine bubble water

【著者】 Takizawa F, Domon H, Hirayama S, Isono T, Sasagawa K, Yonezawa D, Ushida A, Tsutsuura S, Miyoshi T, Mimuro H, Yoshida A, Tabeta K, Terao Y

【doi】 10.1371/journal.pone.0306998

## V. 謝辞

本研究は、JSPS 科研費などの助成を受け、新潟大学の歯・工・農学部および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で行われました。

### 【用語解説】

(注1) 2023年04月19日、新潟大学プレスリリース「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－」

<https://www.niigata-u.ac.jp/news/2023/394352/>

#### 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