



大阪科学・大学記者クラブ 御中
(同時提供先：文部科学記者会、科学記者会)

2022年6月8日
大阪公立大学

ウイルスをバラバラに！

帯電微粒子水が新型コロナウイルスを不活化するメカニズムの一部を明らかに

<本研究のポイント>

◇密閉、静止状態の試験空間においてウイルスに帯電微粒子水^{*1}を曝露し続けることで、ウイルスを覆うエンベロープだけでなくRNAやタンパク質も破壊することを確認。

◇ウイルスが破壊されることで、宿主細胞の受容体への結合能力が失われることが明らかに。

●本研究成果は、生活空間での使用条件とは異なるもので、製品の性能を評価した実験ではありません。

<概要>

大阪公立大学大学院 獣医学研究科の安木 真世准教授とパナソニック株式会社 小村 泰浩氏、石上 陽平氏らの研究グループは、活性酸素を含む帯電微粒子水が新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）を不活化するメカニズムの一部を明らかにしました。

これまでの同グループの研究により、密閉した試験空間内において、活性酸素を含む帯電微粒子水を新型コロナウイルスに曝露するとウイルスを不活化することが明らかとなっていました。そのメカニズムは解明されていませんでした。

本研究では、45Lの密閉コンテナにおいて静止状態のウイルスに帯電微粒子水を曝露し、ウイルスの状態を観測したところ、帯電微粒子水に曝露されたウイルスはエンベロープと呼ばれる脂質性の膜が破壊されていることが確認できました。さらに、ウイルスのRNAとタンパク質の量も、帯電微粒子水に曝露されたウイルスは、そうでないウイルスと比べ減少していることから、活性酸素を含む帯電微粒子水が新型コロナウイルスのエンベロープ、RNA、タンパク質を破壊することが分かりました（図1）。また、これらのウイルスを宿主細胞と反応させたところ、帯電微粒子水に曝露されたウイルスは宿主細胞への結合が確認されなかったことから、帯電微粒子水により破壊されたウイルスは宿主細胞の受容体へ結合する能力を失っていることが分かりました（図2）。

本研究成果は、「Journal of Nanoparticle Research」誌に2022年5月3日（火）（日本時間）に掲載されました。

帯電微粒子水はウイルスの特定の分子や構造を標的としているのではなく、ウイルスを構築するエンベロープやタンパク質、RNAと多段階で作用することを世界で初めてつきとめました。新型コロナウイルスの変異株はもちろんのこと、他のエンベロープウイルスへの適用も期待されます。

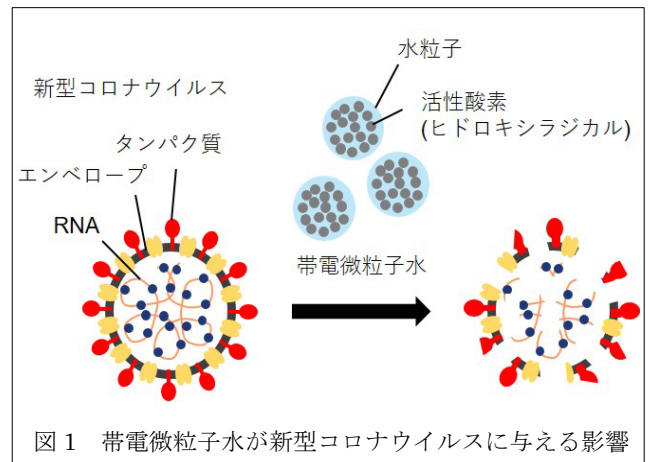


図1 帯電微粒子水が新型コロナウイルスに与える影響

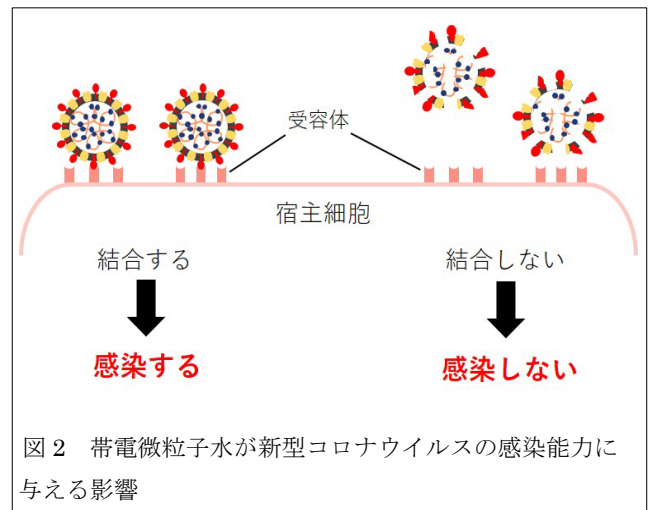


図2 帯電微粒子水が新型コロナウイルスの感染能力に与える影響



安木 真世准教授

<研究の背景>

新型コロナウイルス（以下、SARS-CoV-2）は、主に接触または飛沫を介して伝播しますが、空気感染も確認されています。ヒト体外に放出されたウイルスは物質表面上で数日間生残することから、感染を予防するためにはマスクの着用や手洗に加えて、空気中の浮遊ウイルスや環境表面に付着したウイルスを除去することが重要です。環境表面に付着したウイルスに対しては、アルコールや塩素系消毒剤などによる消毒が推奨されていますが、一方でそれら消毒薬の空気中への散布は、その効果と人体への影響の両面から推奨されておらず、空気中の浮遊ウイルスに対する効果的な消毒方法は未だ開発されていません。

パナソニック株式会社が開発した帯電微粒子水発生技術では、静電霧化装置の中で水に高電圧を印加することで、内部に活性酸素種の中で最も反応性が高いヒドロキシラジカルを含むナノサイズの帯電微粒子水を生成することができます。これまでに環境表面に付着する細菌や空気中のウイルスに対する不活化効果が確認されてきたほか、2020年には、本研究グループにより環境表面に付着する SARS-CoV-2 を不活化することが明らかとなっていました。そのメカニズムに関しては多くは明らかになっていませんでした。そこで、本研究では帯電微粒子水による SARS-CoV-2 不活化メカニズムに焦点を当てました。

<研究の内容>

45L (340×344.5×387 mm) の ABS 樹脂製密閉ボックスに毎秒 4,800 億個のヒドロキシラジカルを発生させる帯電微粒子水発生装置を設置し、出力部位より垂直 15 cm の距離に試料（ウイルス液を染み込ませた 1×2 cm の滅菌ガーゼ）が入った滅菌ペトリ皿を置き、一定時間帯電微粒子水を曝露させたものを曝露群、帯電微粒子水発生装置の代わりに送風装置を設置して同様の実験を行ったものを対照群とし、比較検証を行いました。

まず、曝露群では、対照群と比較してウイルス力価^{※2}の有意な低下が確認されました。次に、不活化メカニズムを明らかにするために、電子顕微鏡を用いて曝露群と対照群のウイルス粒子の歪度を計測したところ、対照群と比較して曝露群では歪度が有意に増加しました（図3）。これは帯電微粒子水がウイルス粒子、特に表面の脂質膜であるエンベロープに損傷を与えていることを示唆しています。

さらに、定量的 RT-PCR によるウイルスゲノム RNA 量ならびにタンパク質泳動ゲルの染色やウェスタンブロッティングによるウイルスタンパク質の評価を行ったところ、対照群と比較して曝露群では、ウイルスゲノム RNA 量、タンパク質量ともに有意な低下が確認されました。これは、帯電微粒子水がウイルスタンパク質とウイルスゲノム RNA を傷害（変性や断片化）したことを示しています（図4左、右）。

最後に、ウイルスの宿主細胞への感染性を評価したところ、曝露群では対照群と比較して宿主細胞に結合するウイルス量が有意に低下することが示されました。

以上の結果から、帯電微粒子水に曝露されたウイルスは、エンベロープ、タンパク質、そしてゲノム RNA が傷害を受けることにより宿主細胞への結合能力が損なわれ感染性を失う、すなわち不活化されることが明らかとなりました。

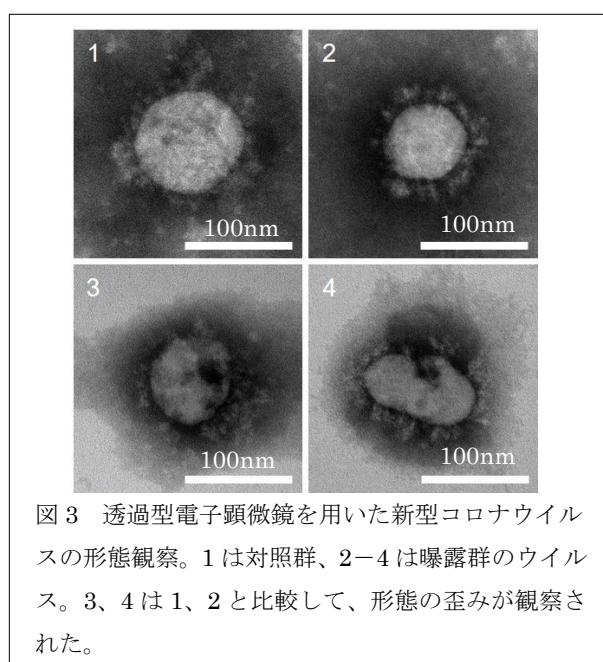


図3 透過型電子顕微鏡を用いた新型コロナウイルスの形態観察。1は対照群、2-4は曝露群のウイルス。3、4は1、2と比較して、形態の歪みが観察された。

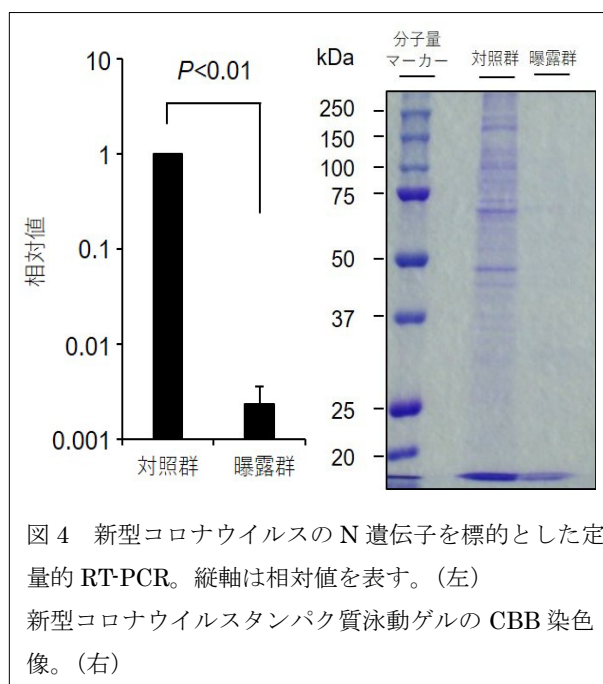


図4 新型コロナウイルスのN遺伝子を標的とした定量的RT-PCR。縦軸は相対値を表す。(左) 新型コロナウイルスタンパク質泳動ゲルのCBB染色像。(右)

<今後の展開>

活性酸素の関与を含めた作用機序の更なる解明とともに、空間浮遊 SARS-CoV-2 に対する帯電微粒子水の不活化効果の検証を進めたいと考えています。

<用語解説>

※1 帯電微粒子水…水に高電圧を印加することで生成される電荷を帯びたナノサイズの水粒子で、活性酸素の一種であるヒドロキシルラジカルを含む。針状の放電電極と針の先端から距離を置いて設置された板状の対向電極で構成された発生装置で生成される。

※2 ウイルス力価…試料中に含まれる感染性をもつウイルス量。

■掲載誌情報

【発表雑誌】 Journal of Nanoparticle Research (IF=2.253)

【論文名】Mechanisms underlying inactivation of SARS-CoV-2 by nano-sized electrostatic atomized water particles

【著者】 Mayo Yasugi, Yasuhiro Komura, Yohei Ishigami

【論文 URL】 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-022-05485-5>

【研究内容に関する問い合わせ先】

大阪公立大学大学院 獣医学研究科
准教授 安木 真世 (やすぎ まよ)

T E L : 072-463-5709

E-mail : shishimaru@omu.ac.jp

【取材に関する問い合わせ先】

大阪公立大学 広報課

担 当 : 竹内

T E L : 06-6605-3411

E-mail : koho-list@ml.omu.ac.jp