

新型コロナウイルス変異株に対するストリーマ放電による不活化効果

Effect of streamer technology on inactivation of SARS-CoV-2 variants

○佐々木正大（会員）¹⁾、片山秀夫（非会員）²⁾、並川敬（非会員）²⁾、
前田祥太郎（非会員）²⁾、田中利夫（非会員）²⁾、塩田達雄（非会員）¹⁾

1) 大阪大学、2) ダイキン工業株式会社

○Tadahiro SASAKI¹⁾, Hideo Katayama²⁾, Takashi NAMIKAWA²⁾,
Shotaro MAEDA²⁾, Toshio TANAKA²⁾, Tatsuo SHIODA¹⁾

1) Osaka University, 2) DAIKIN INDUSTRIES, LTD.

Since SARS-CoV-2 is transmitted by droplet, contagious, and droplet-nucleus infections, controlling of the virus in the environment is important for infectious control. Streamer discharge, which active substances produced by the discharge decompose and remove various harmful substances such as pathogens, has been applied to air purifiers and air conditioners. The efficacy of streamer discharge against the SARS-CoV-2 Wuhan strain has already been reported, however, it has not been validated against other variants that have emerged since then. In this study, we report the effect of streamer technology on inactivation of SARS-CoV-2 variants.

キーワード：Streamer technology, SARS-CoV-2, variants

1. 緒言

2019年に中国湖北省武漢市において初めて報告された新型コロナウイルス感染症(COVID-19)は、瞬く間に世界中に拡散し、2020年3月に世界保健機関はパンデミックを宣言した。2021年10月9日の時点で全世界において約236,599,025人の感染者が、また、4,831,486人の死者が報告されている (<https://covid19.who.int/>)。

COVID-19は、重症急性呼吸器症候群コロナウイルス2(SARS-CoV-2)を起因ウイルスとした呼吸器感染症であり、飛沫・接触感染だけでなく、空気感染(飛沫核感染)を引き起こす可能性が示唆されている¹⁾。本ウイルスはゲノムとして一本鎖プラス鎖RNAを有する。RNAは複製の際に一定のエラーを生じ塩基配列が変わる変異を起こしやすい性質を有し、本ウイルスも2019年に初めて報告された武漢株以降多くの変異株が報告されている。

本感染症の感染経路を考慮すると、空気中のウイルスの低減が感染予防に重要であると考えられる。そのため、浮遊粒子を空気中から取り除く空気清浄機の重要性が増している。しかしながら、空気清浄機は静電HEPAフィルターにより浮遊微

粒子を吸着により除去しており、フィルター内に付着した病原体が感染性を有したまま存在する可能性が否定できない。そこで、ストリーマ放電技術により病原体を不活化する技術が開発され、静電フィルター技術と組み合わせることにより、フィルターにより捕捉された病原体を不活化し、フィルター交換時などの感染リスクを低減させた製品が開発されている。

ストリーマ放電は、ストリーマ中の高エネルギー電子と空気中の中性分子との衝突により種々の活性物質を生じさせ、病原体を構成するタンパク質を活性物質により変質させることで病原体を不活化させる手法であり、これまでに種々の病原体に対して不活化効果があることが示されてきた²⁾。SARS-CoV-2についても3時間で99.9%以上の不活化が可能であることが報告されているものの、その評価で使用されているウイルスはCOVID-19発生初期の武漢株を使用したものであり、その後出現した各種変異株に対する評価は行われていなかった。そこで、本研究ではSARS-CoV-2変異株に対するストリーマ放電の不活化効果を検討した。

2. 方法

新型コロナウイルス変異株として、hCoV-19/Japan/QHN002/2020 株（アルファ株）、hCoV-19/South Africa/KRISP-EC-K005321/2020 株（ベータ株）、hCoV-19/Japan/TY7-503/2021 株（ガンマ株）hCoV-19/USA/PHC658/2021 株（デルタ株）、hCoV-19/USA/CA-Stanford-15_S02/2021 株（カッパ株）を、比較対照として SARS-CoV-2 JPN/TY/WK-521 株（武漢株）を利用した。BSL-3 施設内の安全キャビネットに約 31L のアクリル製ボックスを 2 個設置し、一方にストリーマ放電装置を設置し、もう一つは陰性対照として使用した。両ボックス内にシーソーシェーカーを置き、その上にウイルス液を 0.5mL/ウェル添加した 6 ウェルマイクロプレートを設置し、シーソーシェーカーで攪拌しながらストリーマ照射を行った。経時的にウイルス液を回収し、Vero E6/TMPRSS2 細胞を用いて TCID₅₀ 法によりウイルス感染値を定量した。試験は 2 反復で行った。

3. 結果

ストリーマ放電を行わなかったものに比較して、ストリーマ放電を行ったものでは、武漢株では 1 時間の照射で 77.2%、2 時間の照射で 96.9%、4 時間の照射で 99.9%以上の感染価の減少を認めた。一方、変異株はアルファ、ベータ、ガンマ、カッパ株に関してはそれぞれ、1 時間の照射で 87.5%、97.0%、83.3%、94.0%を、2 時間の照射で 99.2%、99.9%以上、99.8%、96.8%を、4 時間の照射で全て 99.9%以上の減少を認めた。デルタ株に関しては、1 時間で 44.8%、2 時間で 84.6%、4 時間で 99.8%の感染価の減少となった (Table)。

Table: Reduction rate by streamer eradication against SARS-CoV-2

	First identified	Reduction rate (%)		
		1hr	2hr	4hr
Wuhan strain	China	77.17	96.88	99.991
Alpha variant	UK	87.47	99.24	99.995
Beta variant	South africa	97.03	99.91	99.995
Gamma variant	Brazil	83.29	99.79	99.997
Delta variant	India	44.78	84.63	99.783
Kappa variant	India	93.96	96.84	99.973

4. 考察

本試験結果から、4 時間のストリーマ放電では全ての株において 99.8%以上の不活化効率を示したことから、ウイルスの不活化を目的としたストリーマ照射は有効であることが示された。一方で、デルタ株に関しては、各時間の減少の割合が他の株に比較して少ないことが示された。この実験からだけではデルタ株が変異によりストリーマ放電などに対する物理的な抵抗力を増したことを否定できないが、デルタ株は細胞のウイルス受容体である ACE レセプターに対する親和性が他の株より向上していることが報告されていることから³、細胞への感染効率が向上していると考えられ、ストリーマ放電により不活化されなかった残存ウイルスが武漢株や他の変異株に比較してより検出しやすくなったためこのような現象を引き起こしたものと考えられる。このように TCID₅₀ 等のウイルスの細胞への感染を指標にした評価系はウイルス変異の影響を受ける可能性があることから、注意が必要であると思われる。

5. まとめ

ストリーマ照射による SARS-CoV-2 変異株の不活化は、武漢株同様に 4 時間の照射でアルファ、ベータ、ガンマ、カッパ、およびデルタ変異株では 99.8%以上行えることが示された。静電フィルター内のウイルスの不活化としては十分な不活化効率である。

6. 文献

- Greenhalgh T, et al. Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. *Lancet* 2021;397:1603-5.
- Toshio Tanaka. Electrostatic Technologies for Air Purifiers. *Proceedings of the Institute of Electrostatics Japan* 2021;45:58-62.
- Augusto G, et al. In vitro data suggest that Indian delta variant B.1.617 of SARS-CoV-2 escapes neutralization by both receptor affinity and immune evasion. *Allergy* 2021; DOI: 10.1111/all.15065.