

令和5年6月22日

各報道機関 御中

国立大学法人山梨大学
株式会社雷神の風

空気清浄機を活用した空間中の新型コロナウイルス量の可視化に成功

～病院・施設内における COVID-19 等の感染症対策に有効な技術を開発～

ポイント

- ・ 空気清浄機の集塵フィルターからの新型コロナウイルスの回収・検出技術を開発
- ・ COVID-19 患者の入院病室を含む病院内の 10 箇所に空気清浄機を設置して実証試験を実施
- ・ 入院病室からより多くの新型コロナウイルス遺伝子が検出される等、病院内でのウイルス汚染状況の可視化に成功
- ・ 病院・施設内での感染症のクラスター発生防止対策等への本技術の活用を期待

山梨大学大学院総合研究部附属国際流域環境研究センターの原本英司教授と株式会社雷神の風の細田悟代表取締役（社会医療法人財団城南福祉医療協会大田病院・副院長）の医工連携の研究グループは、市販の空気清浄機の集塵フィルターで捕捉した新型コロナウイルスを回収して検出する技術を開発し、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）患者の入院病室を含む病院内の 10 ヶ所に空気清浄機を設置して実施した実証試験を通じて、病院内における新型コロナウイルス遺伝子量の空間的な汚染状況を明らかにすることに成功しました（図 1）。

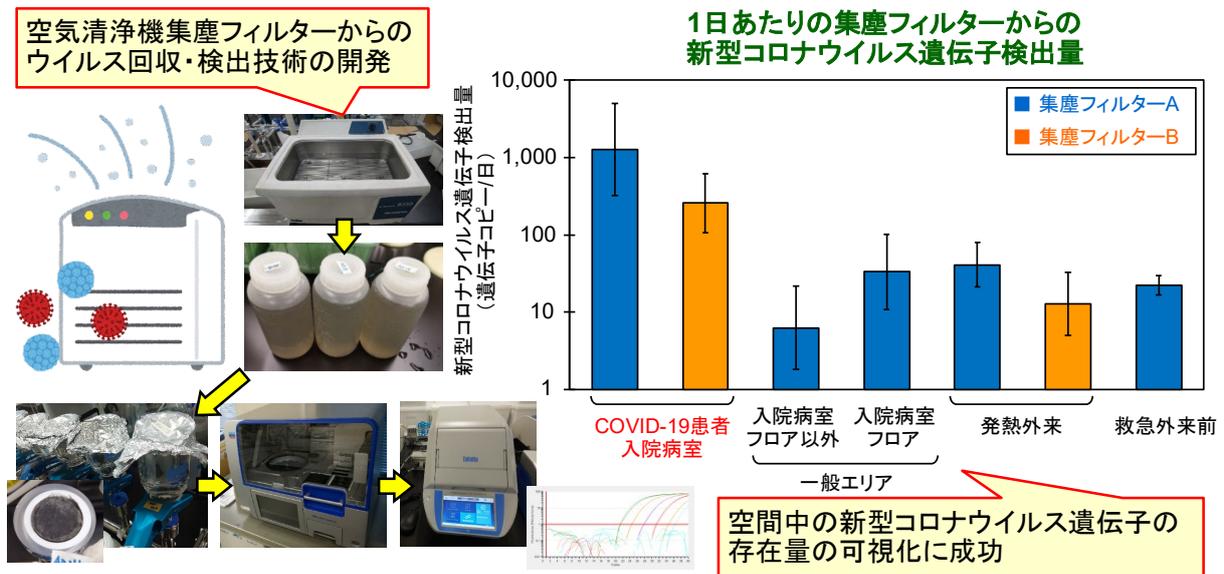


図 1 空気清浄機を用いた新型コロナウイルスの汚染状況の可視化

【医工連携グループによる感染症対策への取り組み】

2023年5月にCOVID-19の感染症法上での分類が5類感染症へと変更されたことに伴い、感染者数等の情報の発表はこれまでの毎日の全数把握から週1回程度の定点把握へと移行し、感染流行状況が見えにくくなっています。このような状況でも、病院内でひとたび集団感染（クラスター感染）が発生すれば、入院患者の基礎疾患の悪化や生命にかかわる事態となる可能性があり、医療現場では今後も感染拡大防止に十分な注意を払う必要があります。また、クラスター感染発生時には、病院内での感染状況が落ち着くまで通常医療を止める必要があります、経営的にも多大な負担となります。

2020年2月に大田病院の細田副院長により設立された株式会社雷神の風は、原本教授らと医工連携のグループを結成し、病院内での感染症のクラスター感染を予防する技術を検討してきました。

これまでの医学では、接触感染やヒトの検体を分析して数値化し、評価・治療することが基本であり、住環境・空間内の感染症リスクを直接数値化・可視化する技術は一般的ではありませんでした。空間中のウイルスや細菌等の微生物を測定する際には、エアースンプラー等の専用の捕捉装置が使用されるため、常時測定できるわけではないという課題もありました。

本研究では、COVID-19パンデミック下で普及が一段と進んだ空気清浄機に着目し、空間中を浮遊するウイルスを含む微小な物質が集塵フィルターに多く捕捉されていると考え、集塵フィルターから新型コロナウイルスを回収して検出する技術の開発に取り組みました。ウイルスに対する空気清浄機の性能評価は、密閉された試験空間に大腸菌ファージ等のモデルウイルスを添加して実施されることが一般的であり、実空間を対象に新型コロナウイルスそのものを空気清浄機で捕捉できることを示した研究は世界的に見てもほとんど報告されておらず、その検出手法も確立されていません。

【集塵フィルターからの新型コロナウイルス遺伝子の検出技術の開発（図2）】

本研究では、集塵フィルターに捕捉されたウイルスを含む様々な物質を回収するための手法として、超音波洗浄処理を採用し、集塵フィルターから捕集物質を洗浄液中に回収しました。その後、原本教授が2020年から取り組んでいるCOVID-19に対する「下水疫学調査」^{1,2)}の技術を応用し、洗浄液中のウイルスをろ過濃縮した後、遺伝子抽出キットを用いてウイルス遺伝子を抽出し、原本教授がタカラバイオ株式会社との共同研究により開発した1ステップ逆転写リアルタイムPCRキット「SARS-CoV-2 Detection RT-qPCR Kit for Wastewater」^{3,4)}を用いることで新型コロナウイルス遺伝子を定量する検出手順を構築しました。

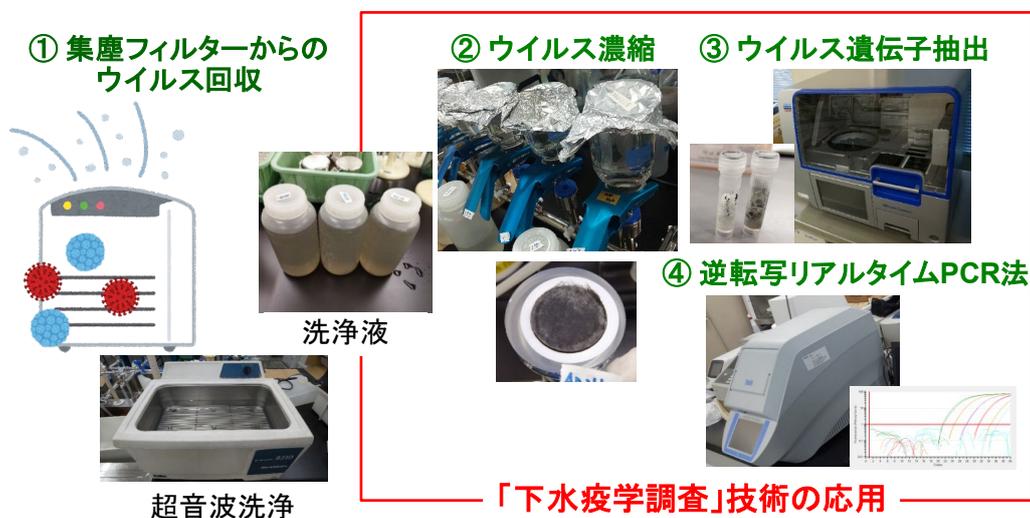


図2 空気清浄機の集塵フィルターからの新型コロナウイルス遺伝子の検出手順

【病院内に空気清浄機を設置して実施した実証試験の成果（図3）】

開発した検出技術を用いた実証試験を2023年4月～6月の2ヶ月間にかけて大田病院の協力の下で実施しました。病院内の10ヶ所に設置した13台の空気清浄機（2種類）から2週間ごとに集塵フィルターを回収して測定した結果、51試料中46試料（90%）から新型コロナウイルス遺伝子を検出することに成功しました。各空気清浄機の積算風量は計測しておらず、空間中のウイルス遺伝子濃度は算出できないため、集塵フィルターからのウイルス遺伝子検出量を空気清浄機の運転期間（14日間または15日間）で除することで1日あたりに集塵フィルターに捕捉されたウイルス遺伝子量（単位：遺伝子コピー/日）を算出しました。

COVID-19患者の入院病室に設置した空気清浄機からは、1日あたり平均600遺伝子コピー（集塵フィルターA：1,300遺伝子コピー/日、B：260遺伝子コピー/日）、最大で4,700遺伝子コピー/日の新型コロナウイルス遺伝子が検出されました。また、入院病室よりは検出量が少なかったものの、COVID-19患者を含む患者が出入りする発熱外来（平均32遺伝子コピー/日）や救急外来前（平均23遺伝子コピー/日）に設置した空気清浄機からもウイルス遺伝子が検出されました。さらに、病院内のデイルーム等の一般エリアに設置した空気清浄機の79%（19/24）からもウイルス遺伝子が検出され、中でも、COVID-19患者入院病室と同じフロアに設置した空気清浄機から平均34遺伝子コピー/日のウイルス遺伝子が検出され、他のフロア（平均6.3遺伝子コピー/日）よりも高い値でした。

なお、COVID-19患者入院病室と発熱外来に設置した2種類の空気清浄機から得られた結果では、集塵フィルターBよりも集塵フィルターAの方が1日あたりのウイルス検出量が多かったものの、集塵効率や積算風量が異なる可能性があるため、ウイルス捕捉性能の優劣を直接反映しているとは限らない点に留意する必要があります。また、実証試験期間中、病院内でのCOVID-19のクラスター感染は発生しませんでした。

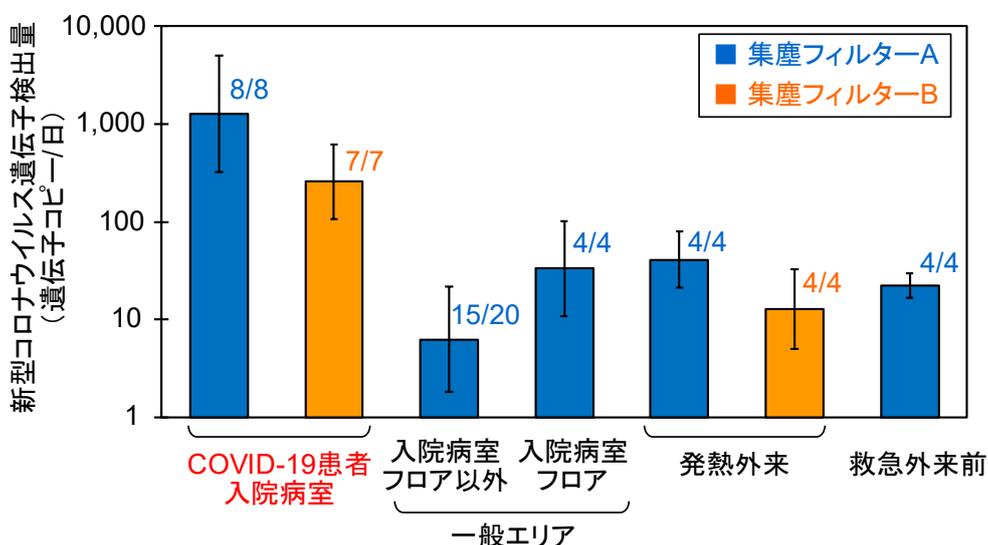


図3 病院内に設置した空気清浄機からの1日あたりの新型コロナウイルス遺伝子の平均検出量

（各バー上部の数値は「ウイルス遺伝子検出試料数/測定試料数」、エラーバーは標準偏差を示す。）

【今後の展望】

本実証試験により、空気清浄機を利用することで、実空間中における新型コロナウイルス遺伝子を定量的に検出可能であることが示されました。この技術を活用することで、図4に示すように、病院や施設等における病原ウイルスの汚染状況を部屋・エリア別に可視化し、ウイルス量が多い空間に対して重点的に感染拡大防止対策を採り入れる等の対策が可能になると期待されます。今回得られた知見は、感染成立に必要なウイルス曝露量（感染濃度）を解明する手掛かりとなり、それに基づい

た最低換気要件の決定等、感染症のクラスター拡大防止対策に貢献できることが期待されます。

本研究の成果は、2023年6月29日（木）～7月2日（日）に福岡国際会議場等で開催される「第60回日本リハビリテーション医学会学術集会」において、「空間内の感染症汚染状況可視化研究」という演題で口頭発表される予定です（発表日：6月29日（木））。

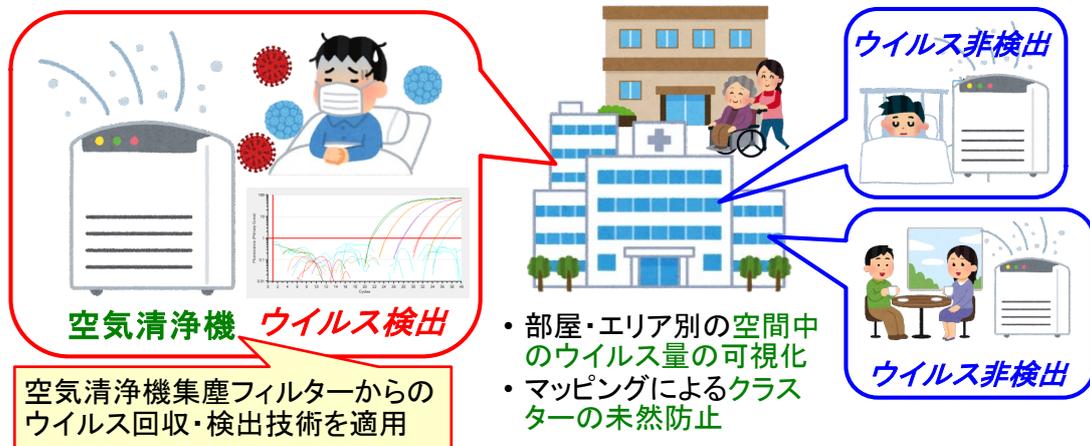


図4 空気清浄機を活用した空間中の病原ウイルス可視化のイメージ

- 1) 「下水疫学」は学問分野である「Wastewater-based epidemiology」の訳語であり、原本教授と北海道大学の北島正章准教授が考案。「調査」を付けることで、調査する行為そのものを意味する。
- 2) 北海道大学・山梨大学共同プレスリリース「下水中の新型コロナウイルスに関する世界初の総説論文を発表～COVID-19の流行状況を把握する上での下水疫学調査の有用性を提唱～」<https://www.yamanashi.ac.jp/wp-content/uploads/2020/05/20200514pr.pdf> (2020年5月14日)
- 3) 山梨大学プレスリリース「下水中の新型コロナウイルス遺伝子の高感度検出法を開発～変異株の流行把握をはじめCOVID-19下水疫学調査の社会実装に貢献～」<https://www.yamanashi.ac.jp/wp-content/uploads/2021/09/202109015pr.pdf> (2021年9月15日)
- 4) タカラバイオ株式会社ウェブサイト「SARS-CoV-2 Detection RT-qPCR Kit for Wastewater」https://catalog.takara-bio.co.jp/product/basic_info.php?unitid=U100009513

研究実施者

- 山梨大学大学院総合研究部附属国際流域環境研究センター 教授 原本 英司
- 株式会社雷神の風 代表取締役 細田 悟
- 山梨大学大学院医工学農学総合教育部工学専攻 修士課程2年 平井 聡一郎

研究についての問い合わせ先

山梨大学大学院総合研究部 教授 原本 英司（はらもと えいじ）

TEL：055-220-8725

E-mail：eharamoto@yamanashi.ac.jp

URL：http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~eharamoto/

株式会社雷神の風 代表取締役（社会医療法人財団城南福祉医療協会大田病院医局副院長） 細田 悟（ほそだ さとる）

TEL：03-3762-8421（代表） FAX：03-3762-0743

E-mail：info@raiijin-no-kaze.co.jp

URL：https://raiijin-no-kaze.co.jp/

広報についての問い合わせ先

山梨大学総務企画部総務課広報企画室（〒400-8510 山梨県甲府市武田4-4-37）

TEL：055-220-8005, 8006 FAX：055-220-8799

E-mail：koho@yamanashi.ac.jp

株式会社雷神の風（〒107-0061 東京都港区北青山2-7-13 プラセオ青山ビル3階）

E-mail：info@raiijin-no-kaze.co.jp