

2 高層ビルにおける糞便エアロゾルによる SARS-CoV-2 の感染の可能性

中国広州にある 30 階建て 3336 世帯（フラット）、5,800 人が暮らす高層アパートにおける SARS-CoV-2 の集団発生の原因がバスルームからの配管を通じた糞便エアロゾルの可能性を示唆する報告を、広州医科大学第一病院の Zhong らが行った。

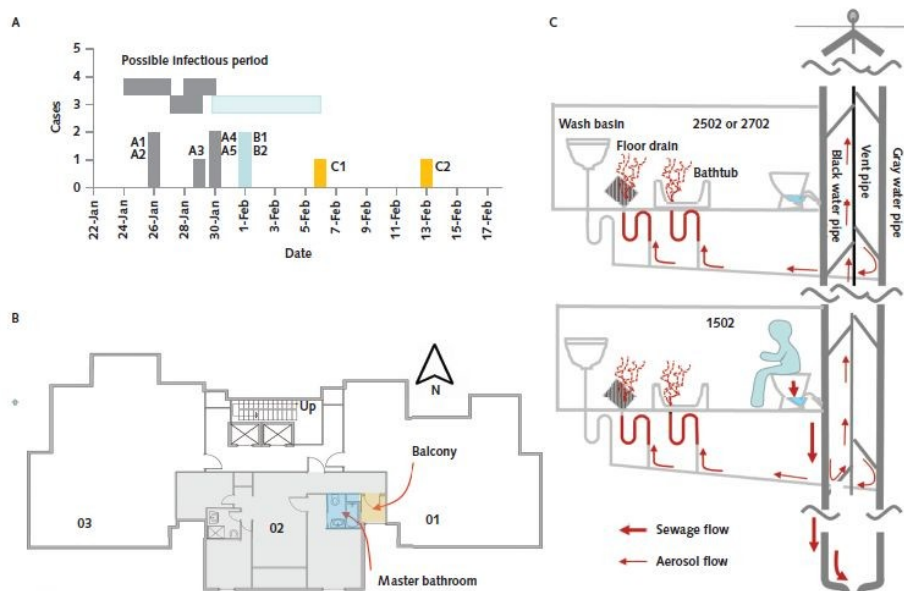
多くの専門家は、SARS-CoV-2 の感染は、主として濃厚接触や媒介物を通じて起こると述べている。ウイルス RNA が糞便中より確認されてから、糞口感染の疑いが持たれてきた。Zhang らは、感染後期に肛門スワブからウイルスが検出され、口のサンプルよりもより頻度が高いと述べている。Ong らは、バスルームの床からウイルスを検出した。Fangcang 病院では、移動式トレの近くのエアロゾルからウイルスが検出された。McDermott らは、糞便エアロゾルが SARS-CoV-2 の院内感染の経路かどうか検討している。

対象と方法: 2020 年 1 月 26 日から 2 月 13 日までの広州高層ビルの 3 つの垂直の居住区（ブロック X）における感染者の疫学的調査を行った（図 1 B）。COVID-19 の診断は咽頭ぬぐい液の核酸検査を行った。発症日は発熱や咳嗽などの症状が最初に現れた日とした。住人の情報以外に気象情報を近くの気象台より入手し、エレベーターの利用状況は監視カメラの画像を解析した。qRT-PCR は、感染者 9 名、他 193 名の住人、ビル管理人の 24 名、および 237 箇所の環境表面（83 フラットのうち 11）、共用スペース、ビルの排水設備で行なった。また、居住区 1502 の排水管システムにエタン（3.0L/min）を流し、空気の流れと分散状況を調査した。また、バスルームの空気圧のコンピューター模擬実験をおこなった。いくつかの階の U 字排水管における水封が乾燥している可能性があった。

結果: 3 家族 9 人の感染者が確認された。最初の家族 A (-02 居住区 1502 室) は COVID-19 のエピセンターとなった武漢への旅行歴があった。残りの 2 家族 (B:2502 室, C:2702 室)には旅行歴がなく、感染は A (感染者 5 名) >B (2 名) >C (2 名) の順に発生した (図 1 A)。他の 217 名のウイルス検査は陰性であった。1502 室の 5 箇所 (4 箇所がバスルーム、1 箇所がベッドルーム) と 1602 室の一箇所 (バスルーム) からウイルスが検出された。エレベーターを含め共用スペースではウイルスは発見されなかった。この 3 家族は、3 つの垂直に並ぶ

世帯（フラット）の住人であり、互いに交流はないが、マスターバスルーム（トイレ、洗面、バスタブ）の排水管で繋がっていた（図1C）。エタンガスはいずれの居住区でも検出されたがばらつきがあった。この3家族の感染状況と環境サンプルの陽性所見からウイルスを含んだエアロゾルが排水管や通気口経由で広まったと考えられた。

Figure 1. The block X outbreak and suggested transmission route.



A. Epidemiologic curve with patients from the same family shown in the same color. The possible infectious period for each group of patients with the same symptom onset date is estimated to be from 2 days before onset to their hospitalization dates. B. Floor plan for the second through 28th floors of block X, showing locations of bathrooms in -02 flats. C. Suggested transmission route from toilet flushing to the escape of gas in the drainage system containing bioaerosols into the master bathrooms of the -02 flats on the second to 29th floors. The dried-out water seals are shown with U-traps in red; escaped gas flow in the drainage system into a bathroom is shown by a red plume. Drawing is not to scale.

図1 ブロック X における感染拡大と感染経路

Yu らは、2003 年の Amoy Garden における 300 人規模の SARS の蔓延が、同様の機序で高層アパートで起きたことを報告している。COVID-19 患者は 2.0%~49.5% で下痢を認め、その中には感染力のあるウイルスが証明されている。トイレの排水の中にウイルスが存在し、糞便エアロゾルが排水管を通じて階の異なる住宅に及ぶことは十分に考えられる。この仕組みとしては、排水管と通気口による煙突効果や排水が下に落ちる力が作用していると考えられ、エタンガスが 1502 室より下の居住区からも検出されているのでニュートラルレベルは 1502 室より下であると考えられる。したがって、これより上層階では煙突効果によって排水管の圧が高まり、室内にエアロゾルの侵入が起こる可能性がある。しかし、エアロゾルが室内に入る条件としては、U 字管の水封が乾燥して

いるのが条件になる。また、煙突効果だけでなく、バスルーム内の陰圧状態が部屋へのエアロゾル侵入には重要であり、換気扇や北風の影響も考えられる。2502 室と 2702 室の居住者はめったに窓を開けず換気扇をつけっぱなしであったとのことなので、室内が陰圧となり、感染リスクが増したのかもしれない。コンピューター模擬実験によれば、居住区内の陰圧は 16.8Pa に達するので多くの上層階では煙突効果がなくても感染リスクが高まったと思われる。無人の 1602 室のバスルームからウイルスが検出されたのは、風による陰圧が生じたためと考えられた。このようにして室内にはいったエアロゾルは物体に付着し、ヒトの接触により他の表面に広がり糞口感染につながる。糞便エアロゾルは 2 月 19 日に洗面器の U 字管の内側から検出されたことから、水封が乾いてしまった、他の床換気口や便器に侵入したかもしれない。バイオエアロゾルはこのような便器を流したときに発生し、排水管や通気口に希釈されることなく拡散する。これは、開放空間におけるジェット（くしゃみなどの噴射）やパフ（ぷっと一吹き）が、感染源から遠ざかるにつれウイルスを含んだ飛沫の濃度が急速に減少するのと異なる。このため、バスルームに入ったヒトが直接吸い込む可能性や、部屋の物体に付着し、のちに誰かがそれに触れる可能性がある。このような感染形式は、Amoy Garden 以外にもあと 2 つ（Heng Tai House at Fu Heng Estate, Luk Chuen House at Lek Yuen Estate）報告されているが、排水管や通気口からはウイルスは直接検出されていない。

ブロック X における COVID-19 の爆発的感染は、環境検査の証拠から、糞便エアロゾルによる可能性が高い。これを防ぐには、排水システムが逆流して室内に入るのを阻止する必要がある。これには、U 字管の水封が乾くのを防ぐ必要がある。われわれの研究から、トイレを流すときには糞便エアロゾルが発生するので、バスルームの換気や衛生の重要性が間接的に示唆されたが、さらなる研究が必要である。

文献

- 1) Min Kang, et al. Probable evidence of fecal aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a high-rise building. Ann Intern Med. 2020. doi: 10.7326/M20-0928