

### 3 環境中のウイルス飛散拡散予測とマスクの効果 マスクメーカーの知見

湯浅 久史

興研株式会社 基礎研究所

#### 1. マスクの種類と性能 (マスクの種類と期待できる効果)

マスクは主に空気中のほこりや花粉など人体に有害な粒子やガス状物質の吸入を防ぐため、又は着用者自身の咳などによる飛沫の拡散を防止するために使用される。マスクの種類は大きく分けて、一般用マスク、医療用サージカルマスク、及び産業用マスク(感染対策用マスク)に分類される。一般用マスクは、その性能に関して明確に定められた規格はなくフィルタの性能・材質、マスクの形状など様々なものが市販されている。日本では医療用サージカルマスクの規格は現在検討段階であるが、アメリカでは米国食品医薬品局 (FDA) に登録された製品を指し、米国材料試験協会 (ASTM) で定める微粒子ろ過率 (PFE)、細菌ろ過率 (BFE)、血液不浸透性などの規格に適合している。医療用サージカルマスクは、手術中の術者からの飛沫による患者への感染症予防や、血液・体液からの防護などを目的としており、エアロゾルによる感染対策用ではない。感染対策用マスクとしては現在、N95、DS2 と呼ばれる使い捨てマスクが医療機関にて使用されている。これらは産業用防じんマスクであり、N95 は米国連邦行政規則集 42 CFR part 84 で定めた性能を米労働安全衛生研究所 (NIOSH) で評価し認証を受けた製品である。同様に DS2 は、日本の厚生労働省が定めた性能を(公社)産業安全技術協会が評価し認証した製品である。N95 及び DS2 マスクは有害な粉じんへのばく露による健康障害防止を目的としている。これらマスクの使用は人の健康に直接影響するため、その性能は国が厳格に規定しており、認証取得時には工場監査や現地審査が行われ、前述した第三者機関が市場流通品の品質のチェックを行っている。

#### 2. マスク用フィルタの捕集効率と捕集理論 (ウイルスはフィルタで捕集できるか)

N95 及び DS2 マスクの捕集効率試験で使用されている粒子は個数中位径で約  $0.075 \mu\text{m}$  の塩化ナトリウム粒子である。このサイズの粒子を含んだ空気を毎分

85L/min の通気速度で連続的にマスクに通気させ、フィルタの捕集効率の最低値が 95% 以上であることが規格に定められている。

エアフィルタによる粒子の捕集は、フィルタの繊維に粒子が衝突することで粒子とフィルタ繊維間に分子間力が働き、粒子が繊維表面に固定される現象である。フィルタの捕集機構は既に解明されており、主に拡散、さえぎり、慣性衝突、重力沈降、静電気力の 5 種が存在し、それぞれの機構は、粒子の大きさ、フィルタの繊維径、及び粒子や繊維の電荷などに大きく影響を受けることが知られている。

インターネットなどでウイルスは小さいのでマスクのフィルタでは捕集できないと書かれているのを見かけるが、実際はウイルスと同レベルのサイズの粒子もフィルタで捕集される。捕集機構の 1 つである拡散効果は、粒子径が小さいほど (主に  $0.1 \mu\text{m}$  以下) 捕集効率が高くなる。これは、粒子が小さくなると空気分子の衝突の影響が無視できなくなり、気流中をランダムにブラウン運動しながら進むためである。粒子径が小さくなればなるほどブラウン運動が活発になり、繊維に衝突する確率が高まることで捕集効率が向上する。

#### 3. マスクの防護性能と課題 (エアロゾルからの防護性能を高めるには)

前述したように N95、DS2 マスクのフィルタの捕集効率は規格により厳密に定められているが、防護を目的としてマスクを使用する際に最も重要なのは、顔とマスクの密着性 (フィット) である。マスクをした時に顔とマスクの間に隙間があると、吸気時にその隙間から有害物質を含む外気が流入してしまい、マスクの本来の性能を発揮できないことになる。マスクの密着性を確認する手法としては、フィットテストとシールチェックの 2 つがある。講演では両者の違いとフィットの重要性について解説する。

#### 略歴

【学歴】群馬大学大学院工学研究科修士課程修了 (1997 年)、金沢大学大学院自然科学研究科博士課程修了 (2015 年)

【職歴】興研株式会社飯能研究所 (現基礎研究所)、2019 年から同社基礎研究所副所長兼技術本部長補佐

#### 【受賞歴】

日本吸着学会技術賞 (2000 年)、国際呼吸保護学会論文賞 (2008 年) 日本空気清浄協会賞 (2019 年)

#### 【主な所属学会・役職】

産業衛生学会、国際呼吸保護学会 (国際理事)、日本労働衛生工学会