

大気汚染・新型コロナウイルスに関する健康安全講話  
-見えない粒子から命を守るためのマスク科学の知識-

2022年2月15日 韓国 (オンライン)

聖路加国際大学大学院公衆衛生学研究科環境保健学分野 准教授 大西一成

今回は、大気汚染物質と新型コロナウイルス感染症についてその健康影響と対策について、そのゴールの共通点と異なる点を明らかにしながら話をさせていただきます。

まず、大気汚染物質については、健康影響について多数報告がされており、逆に健康影響がないとは言えないと言っても過言ではありません。

現在、世界中で高濃度の大気汚染物質が観察されており、世界の大気質・大気汚染の都市別ランキングで、デリー、インドの順位が1位となっていますが、この順位は日々変わります。大気汚染のレベルは、EPA (アメリカの環境保護庁) の空気質指数 (AQI) がよく使用されます。数値の大小によって健康影響への危険性の度合いをチェックできます。

ただ、この大気汚染物質の指標は、国や地域によって異なり、名称や計算方法も異なります。そのため、何を計算して何を見ているのかをある程度知って活用する必要があります。韓国では、大陸からの影響汚染か地元汚染かの議論が多くされています。私が、2019年に韓国で講演を行った際に、高濃度の大気汚染が観察され、越境汚染があるにしても、地元の汚染も大きいのではと感じました。実際に、2021年2月のAQI (韓国周辺) を見てみますと、韓国の中心部に高濃度が滞留しているのが分かります。この時偏西風が発生していないため地元由来の汚染によるものだと考えられます。

韓国のPM<sub>2.5</sub>の大気環境基準値は、1日平均で50 μg/m<sup>3</sup>、年平均で25 μg/m<sup>3</sup>で、日本(1日平均35 μg/m<sup>3</sup>と、年平均15 μg/m<sup>3</sup>)と中国(1日平均75 μg/m<sup>3</sup>、年平均35 μg/m<sup>3</sup>)の中間値を取っており、中国大陸からの越境汚染を意識して設定されています。WHOは健康影響を鑑みて、それよりももっと低い、年平均で10 μg/m<sup>3</sup>、日平均25 μg/m<sup>3</sup>が各国の努力目標とすべきとして設定されていましたが、2021年10月には年平均で5 μg/m<sup>3</sup>、日平均15 μg/m<sup>3</sup>と指針濃度値が引き下げられました。このことは、WHOのAQG level (air quality guideline)に記載されていますが、PM<sub>2.5</sub>値を用いた健康影響を解析した論文報告等の内容を鑑みて改訂されたもので、かなりの低濃度においても健康影響が危惧されていることがうかがえます。

このような環境基準値を考える際には、短期影響と長期影響を区別して理解しておく必要があります。短期影響は、粒子が体内に入ってすぐまたは数日以内に出る影響のことで長期影響は、粒子が体内に入って何年も経ってから出る影響のことです。環境基準値は、長期影響(慢性影響)を考えて設定された値ですので、環境基準値を境界にして、短期影響に関連した生活行動が大きく左右してしまう場合には少し乖離が生じます。そのため、PM<sub>2.5</sub>値は、前日との比較によって飛来量の目安になりますので、データと情報の性質を十分に理解した上で、活用することが大切となります。

さてPM<sub>2.5</sub>について話を進めさせていただきます。PM<sub>2.5</sub>という名の物質が存在しているわけではなく、PM<sub>2.5</sub>は単に空気浮遊粒子状物質のうち小さいものすなわち概ね2.5μm以下の粒子の総称です。例えば黄砂には、10μmや4μm、2.5μm、1μmなど様々な粒径のものがありますが、同じ黄砂でも概ね2.5μm以下のものがPM<sub>2.5</sub>の計測値に貢献することになります。つまり概ね2.5μm以下の粒子でさえあればさまざまな成分がPM<sub>2.5</sub>となりうるのです。PM<sub>2.5</sub>は浮遊微小粒子状物質で、粒子は個体または液体のものを指し、気体（ガス）自体は粒子ではありません。しかし、ガス成分の汚染物質であっても二次生成で粒子になり、PM<sub>2.5</sub>値に反映されることになります。

韓国のミセモンジは、粗大粒子も含む大気浮遊粒子状物質全体を表しており、TSP(Total suspended particulate matter)のことです。そのうちPM<sub>2.5</sub>などの微小浮遊粒子状物質をチヨミセモンジと呼んでいます。

大気汚染物質による健康影響を考える際には、PM<sub>2.5</sub>だけでなく、さまざまな環境因子（気温・気圧・湿度）や複合大気汚染物質（土壌由来、汚染物質由来、バイオエアロゾル）、他の大きさの粒子等を加味して評価する必要があります。曝露されるのは、PM<sub>2.5</sub>の汚染物質だけではありません。

私たちの研究では、粒径の違いによって、含まれている成分が異なり健康影響も異なることが分かっています。地域特性があり、地域によってその影響度合いも大きく異なってきます。さらに、様々な因子を加味してもそれぞれの大気汚染物質成分はそれぞれ様々な症状を引き起こしている可能性が明らかになっています。なお、WHOではPM<sub>2.5</sub>を最大の健康リスクに位置付けています。

## 対策

次に対策の話へ移らせていただきます。

大気汚染物質の曝露によって健康影響の悪化や疾病との関係が報告されているため、曝露を避けるということが重要となってきます。外出をしない、マスクを着用する、布団や洗濯物を外に干さない、屋内ですと窓を閉める、空気清浄機を使用する、などが考えられます。

私たちの調査では、曝露される行動（屋外にいた時間があつた、窓を開けていた、洗濯物・布団を外干した）がある群とそうでない群を比較した場合、曝露される行動をしていない群の自覚症状が低くなっており、行動変容による対策は効果的であると考えています。

一方、曝露を防ぐ行動（マスク着用・空気清浄機ON）では、症状を抑えるために有効であると言えるクリアな結果を得ることができませんでした。このことは、マスクや空気清浄機自体に効果がない、意味がないということが証明された訳では決してなく、使用者が正しくマスクや空気清浄機を選択して正しく使用できていないという現状を反映した結果が示されたのみということです。

空気清浄機については、同じ空気清浄機でもフィルター式とノンフィルター式（フィルター捕集式ではないもの）が混在しています。大気汚染物質の曝露を防ぐためには、フィルタ

ーで物理的にしっかりと捕集するものを用いて曝露を防ぐ必要があります。

### マスクというアイテムの着用目的

マスクは、大変優秀なアイテムですが使用者の目的や使用する環境、使用者の骨格や使用状況（体調）など、様々な因子の影響を受けやすく、それゆえに、期待する効果が発揮されることもあれば発揮できないこともあり、取り扱いが極めて困難なアイテムです。そして、現在のコロナ禍においてもほとんどの人が、マスクの効果を発揮させることができないまま、マスクと呼ばれるものを口に当てているだけという状況が各地で容易に観察することができます。この状況については、私は今回のパンデミックの前から危惧していたことで、2019年11月に出版した「マスクの品格（幻冬舎）」で詳細を説明しております。

まず、マスクを着用する目的ですが、次の4つが重要なものとして挙げられます。

目的① 空気中の粒子やウイルス飛沫を体内に取り込まないため

目的② 会話や咳やくしゃみによって、ウイルス飛沫を外に飛ばさないため

目的③ 鼻・口などを覆って手指で直接触らない様にするため

目的④ 喉の保湿・保温によって粘膜を保護する

大気汚染対策では、目的は、①となりますが、感染対策では、目的②～③もれっきとした目的となり得ます。しかし、感染対策においても本来生命の維持のためには、目的①が感染対策の本質であり、目的②～③は二次的な機能と考える方が良いでしょう。つまり、目的①の機能が達成できていないまま、二次的機能のみの達成では、本来の目的（感染対策）を達成したことにはならないという意味です。

①の目的を達成するためのマスクとは、一体どういうものなのか説明を進めていきます。

### マスクの有効性を調べた論文には限界がある

マスクの感染予防効果を検証した研究報告では、インフルエンザウイルスの感染予防にマスクが有効かどうかを調査し、医療現場で、医療従事者のマスク着用している集団とマスクを着用していない非着用の集団を比較したり、サージカルマスク着用群と防じんマスク（N95）着用群を比較したりする調査が一般的です。アウトカム（観察の結果）に感染の有無を設定し、最終的にグループ間に差がなかったと多くの論文で結論づけられています。すなわち、マスクを着けていても着けていなくても、インフルエンザの感染に差がなかったということです。先に述べさせていただいた、大気汚染物質曝露の研究で、マスク着用者と非着用者の曝露の結果と同じで、期待した効果が見られなかったということで、この事実には誤りはありません。

この情報が読者によって解釈されマスクは大気汚染物質の曝露や感染防止すなわち目的①には『効果がない』という情報で語られてしまっている点に誤りがあるのです。

これらの研究は、システマティックレビューの論文ですので、報告自体の科学的根拠は高く問題はありません。ところが、これらの論文については、筆者らも研究デザインの限界についてその点に触れており、マスクの効果の有無については結論づけられていないことがきちんと述べられています。例えば、マスク着用群の被験者の医療関係者が自宅でマスクを

外した時の感染リスクを考慮していないことや、正しくマスクが着用されていたかどうかのコントロールがされていないことが挙げられています。

マスク着用群が、医療現場で感染しても家庭で感染しても、一様に感染したことになりまし、マスクが正しく着用されていなければ、マスクと顔の間隙から容易に感染力のあるウイルスが侵入してしまうのです。

つまり、マスクの有効性が正しく調査されていない中で、効果がない、意味がないと断言することはできないのです。一方で、感染予防に『効果がある』という科学的根拠についても、同様の限界があるがゆえに臨床試験によって確実に証明することが困難です。

ただし、マスク着用、非着用で比較された群に、感染数に差がなかったという報告そのもの自体については、マスクをただ着用しただけでは、感染力のある飛沫がマスク内外を出入りし感染対策になっていない点や医療従事者が、マスクを正しく扱えていない事実が浮き彫りになっていると捉えて、訓練の啓発へとつなげるべきことだと考えています。

マスクによって命が守られている例では、ダイヤモンドプリンセス号で、現地活動を行なった自衛隊員は、延べ 2700 人で PCR 検査の検体採取を延べ約 2200 人へ行ないましたが、自衛隊員の任務中の感染者数はゼロでした。自衛隊員は、普段からマスクや防護服の脱着訓練を繰り返し行なっています。マスクをつけていても感染して当たり前ではないのです。

#### **大気汚染対策と感染対策マスクの共通点**

大気汚染対策で使用する産業現場で使用する粉じん対策用のマスクと医療現場で使用する感染対策用のマスクは、同じ目的①のために同じ科学的な原理で作られた全く同じものであり、感染対策用（医療用）マスクや大気汚染対策用マスクの実質的な区別はないと言っても良いです。つまり、アスベスト、花粉、ウイルスや細菌といった固体と液体からなる粉体は、適切なフィルターで捕集され、綺麗な空気をマスクの内側に通すことが求められる機能となり、「防じんマスク＝検定合格品」を最低限使用することになります。

一方、気体成分、悪臭や毒ガス（サリンや VX ガス）といった有害気体に対しては、同じ気体である空気から特定の有毒な気体成分を選択的にフィルター部（吸収缶）で取り除いて無害な空気を通す仕組みを持つ「防毒マスク＝検定合格品」を用いなければなりません。例えば、医療現場において、サージカルスモークは、粉体とガスからなる混合物質であるため、その物質が真に有毒であり、確実な防御を求める場合には、「防じん防毒マスク」の使用が適切な選択となりますが、まだ実践ができていない現状があります。このように、マスクは、防ぎたい物質の性質でマスクを使い分け、防ぎたいもので選ぶという原則があります。

#### **感染の成立から探る対策方法**

感染対策では、感染の成立を防ぐことが対策の本質となり、マスクはその対策の重要な一部を担っています。新型コロナウイルスによる感染が成立する仕組みは、次の 3 つの要素がそろった時です。逆に、この 3 要素のうち 1 つでも取り除くことができると感染症は起きないということになります。

要素①感染力のある新型コロナウイルスが存在する（感染源がある）

要素②新型コロナウイルスが体内に入る経路がある（感染経路がある）

要素③体に抵抗力がない（新型コロナウイルスに対する抗体などの免疫機能が不十分でない）

この3つの要素がすべてそろわなければ感染は起きないため、1つ以上の要因をコントロールして取り除くことこそが感染対策の基本となります。

手洗いは、ウイルスを物理的に除去して要素①のウイルスの存在を取り除くこととなります。

顔を触らないようにするという事は、要素②のウイルスを口や鼻へ運ばないということにつながります。

正しいマスクの着用は、ウイルスの感染経路遮断に効果を示す（要素②）。また、自分が感染している時には、相手のために、ウイルスを存在させない（拡散させない）ようにすることができます（要素①）。ウイルスが侵入したとしても、呼吸器の保湿・保温によってウイルスが感染しにくい状況を作ることもあります（要素③）。

ワクチン接種は、ウイルスの抗体を体に作らせ、免疫応答によって感染を防ぐことで、要素③を取り除きます。無症状の感染者は、要素③を自らの免疫力で取り除いていることになるのです。

このように、感染対策には、この3つの要素がそろわないようにすることが本質となり、意識して行動することが基本となります。

もう少し、感染成立の要素について具体的な説明をさせていただきます。パンデミック発生初期では、ソーシャルディスタンスやマスクで要素①と要素②をなんとかコントロールしようとするしかできなかった状況の中で、ワクチンの開発によって積極的に要素③をコントロールすることができるようになった点が、目覚ましい前進と言えます。そうとはいえ、ワクチン接種も感染成立の3要素のひとつを取り除く手段にすぎません。限られたカードの中で、1つだけの対策に頼ってしまうと、その1つがたまたま破綻したときに感染が起きてしまいます。感染症流行期には、複数の対策を行う手を緩めるという選択肢はありません。

感染者が訪れる医療現場では、要素①をコントロールしにくく、ウイルスが存在する可能性が高いため、感染リスクの高い環境となります。なるべく、エリア分け（要素①）や防じんマスクによる経路遮断（要素②）でコントロールを試みますが、医療関係者の感染者が依然として減らない現状があります。そのため、いち早く、要素③を取り除くように、医療従事者へのワクチン接種が最初に優先されるということが理解できます。今後、集団免疫が確立すれば、要素③が常に取り除かれている状況となる。そうなれば、要素①と要素②を意識しない普段通りの生活をしながらでも、感染症が成立することはないと言えます。

しかし、現状ではウイルスの変異によって感染力の強いオミクロン株が出現し収束の兆しが見えていません。

米国疾病予防センター（CDC）は、1996年の隔離予防策ガイドラインにおいて、「病原体

(要素①)と宿主因子(要素③)はコントロールが困難であるので、微生物やウイルスの移動阻止の感染経路(要素②)に向けられるべきである」として、感染経路を遮断するための有効な手段として防護具の着用の重要性を強調しています。

防護具とは、もちろんマスクも含まれますが、そもそも防護具は、洋服のように単に身につければその効果が発揮できるものではないという前提があります。防護具の着用には繰り返しの訓練が必要です。マスクと呼ばれるもの自体を着用することのみに意識が集中し、マスクの選び方や扱い方とセットで啓発されていない現状に大いに課題があると感じています。変異株の出現により、ワクチンの開発が間に合わなくても、政府の対応が後手に回っていたとしても、感染リスクの高い環境において正しいマスクの選択と着用で経路遮断をすることができれば、自分で感染をコントロールできるのです。他人任せではなく自分でできる唯一の方法で最後の砦となるのです。

### 大気汚染対策と感染対策の違い

大気汚染対策も感染対策も同じマスクを使用することを説明してきましたが、マスクの有効性や効率を求める際には、大気汚染対策の感染対策ではゴールへ到達するまでの違いがあります。このことが、マスクの評価の違いに影響を及ぼしマスクの議論を複雑にしています。まず大気汚染対策では、目的が有害粒子の吸引曝露を防ぎ、健康を守ることにあります。つまり粒子のマスクへの侵入経路遮断によって吸引を少しでも減らし、長期的あるいは短期的な曝露による健康影響を防ぐことに集中し全ての力が注がれます。

一方、感染対策では、感染を成立させないこと自体が健康を守るための目的、手段となります。先に述べました病原体の存在、侵入経路、感受性宿主、という3要素のうち一つでも取り除くことができれば感染は成立しません。そのため、マスク以外の別の方法でも感染の不成立は可能であり、マスク以外の理由で感染しないこと(命を守られること)もたくさんあります。また、感染対策においては、どの対策をどの程度まで実施しなければならないのかというバリエーションが生まれます。空気中を漂うマイクロ飛沫(5 $\mu$ m以下の飛沫)にも感染力があるのか、空気感染が起こっているのかどうかという状況によっても対策の程度が左右されます。感染状況について、特に科学的根拠が不明な場合は、まず最大限の対策を行うことを考えたいが、パンデミック禍では防護具(マスク)の不足もあり、有効かつ過度にならない感染対策を徹底することが同時に求められ、実際世界中でこの問題にも直面しました。マスクだけが全てではない、そういうことも影響してか、今回のパンデミックにおいては、マスクによる経路遮断はそこまで重要視されず、フィットテストやフィットチェックの経験がないまま感染リスクの高い現場へ入る医療従事者も多く、一般へもフィットチェックを行う機会が与えられないまま現在に至り、感染を繰り返しているように思います。

つまり感染対策が、大気汚染対策と大きく異なるのは、マスクと関係のないところ、すなわち曝露されても、感染を防ぐこと(ゴールに到達すること)があるということです。つま

り、マスクに頼らなくても、マスクが機能していなかったとしても、別の要素を取り除くことでゴール（健康を守る）に到達できるということで、マスクの重要性や厳密性が薄まるのです。

しかし、変異株による感染者数の激増を鑑みると空気感染やマイクロ飛沫感染すなわち、水分量が少なく空気中を浮遊する目に見えない飛沫や、そのようなウイルス量の少ない飛沫であっても感染力があることが明らかになると、大気汚染対策と同様に厳密なマスクの機能が求められるようになります。限られた対策法の中で、一つの対策に頼ってしまうと、その一つがたまたま破綻した時に感染が起きてしまうので、感染症流行期には、複数の対策を同時に確実にける体制作りが望ましいのです。

### マスクによる大気汚染物質と飛沫粒子の経路遮断

マスクによってウイルスの侵入経路の遮断を行う場合には、マスクのフィルターをウイルス飛沫が通らないことと、顔とマスクの間の隙間の2つの経路をしっかりと同時に遮断する必要があります。マスクを正しく扱うことができれば、感染経路は遮断できます。言い換えるときちんと遮断できるまでマスクの扱い方の訓練を行わなければならないということになります。

マスクによる感染経路遮断、粒子の侵入遮断を考える際には、2通りの飛沫の侵入（放出）経路をイメージすると良いです。

1. ウイルスを捕集するフィルターの性能（フィルターを通過）
2. 顔へのマスクのフィット（顔とマスクの間の隙間）

1つ目は、正しいフィルター試験を合格しているかどうかが見極めのポイントなり、フィルターの捕集効率試験のことを知っておく必要があります。

2つ目は、フィットテストで自分に合うマスクを知ることと、フィットしている感覚を覚えることが必要となります。

片方のみをクリアしていても、経路遮断を行うことはできないため、これらの2つの通り道を同時に確実に遮断することを目指さなければならないのです。

### フィルターの捕集効率試験

マスク規格において、検定の対象はフィルター自体（マスク自体）の性能で、装着したときのマスクと顔との隙間は自己責任となります。検定では、スライドで示したようにマスクの縁周りは漏れが生じないように完全にシールされた状態で行われます。つまり、マスクと顔の間に生じる「漏れ」はゼロとみなして測定されるのです。この時点で、マスク自体の性能とマスクと顔の間に隙間ができることは別の次元の話となるため、防護具自体の規格や性能の話とは別に、防護目的の効果を発揮させるためには、自分の顔にフィットするマスクを選ぶことと正しく着用する訓練を行わなければならないということになります。

N95（米国）、DS2（日本）、PFE（微粒子濾過捕集効率）、BFE（細菌濾過捕集効率）、VFE

(生体ウイルス遮断効率)などの検定や試験は基本的に、そのフィルターが粒子捕集効率95~99%以上で検定に合格することのみで認められるということになります。フィルター性能が良くても、着用時に正しく装着しなければ何ら意味がないということになってしまいます。先に述べました、使用者の扱い方でマスクが効果を発揮できていない、意味がない様にしてしまっているというのは、こういうことです。

医療用マスクや高機能マスクと言われる国家検定 N95 マスクの規格は、85L/min の流量で空気力学質量径 0.055~0.095  $\mu\text{m}$  の粒子を 95%以上カットします。試験粒子は動力学質量径では、0.3  $\mu\text{m}$  と表記されているためしばしば 0.1  $\mu\text{m}$  の新型コロナウイルスの飛沫核や大気汚染物質の粒子はフィルターの隙間を通過してしまうと誤って語られることがあります。実際に繊維の隙間が 0.3  $\mu\text{m}$  であったとしても、0.1  $\mu\text{m}$  程度ないしそれより小さい粒子では、粒子が小さくなるほど慣性衝突、さえぎり、ブラウン拡散、静電引力などによってフィルターに捕集されやすくなっており、マスク繊維の隙間を通り抜けるという説明は根本的に誤りとなります。さらに、試験に用いる粒子の濃度や流量の大きさを鑑みると、通常の呼吸の流量やくしゃみではほぼ 100%捕集しており、フィルター自体は、ウイルスが空気感染へシフトしたとしても耐えられるものになっています。粉じんや感染飛沫の捕集という点においては試験に合格したサージカルマスクのフィルターと N95/DS2 マスクのフィルターの性能は同等です。しかし、マイクロ飛沫感染や空気感染が起きている場合、大気汚染物質の粒子を 1 粒も吸いたくないシーンにおいては、サージカルマスク(不織布マスク)ではなく、最低レベルのマスクでも使い捨て防じんマスクを用いる必要があり、さらに確実に防ぎたい場合は、電動ファン付き呼吸用保護具や全面型マスクの着用を行わなければならないのです。

#### サージカルマスク(医療用マスク)、不織布マスクの規格

医療用のサージカルマスクは高機能であるというイメージで、花粉症、PM<sub>2.5</sub>の粒子やインフルエンザ対策(吸引防止)のために、一般向けにも不織布マスクとして販売されるようになり区別がなくなりました。もともと、医療用マスク(サージカルマスク)の規格として、米国 ASTM F2100-19 やヨーロッパでは、EN14683 があります。粒子の捕集効率や血液不浸透性、微生物清浄度などの試験が定められているが、サージカルマスクの使用目的としては手術中の清潔野を守る目的②としての意味合いが強いのです。日本では、これらの海外の規格の一部を準用し、さらにメーカー独自に VFE や花粉捕集効率などをパッケージに記載して、フィルター性能をアピールしています。しかし、99%カットの表記は、マスク着用時の漏れ率(粒子の侵入率)1%と誤解する人が多いのですが先に述べた通り、着用時の性能は別次元の話となります。それを受けて、日本マスク工業会によって広告自主基準が定められ表示および広告等の規制が行われ、「マスクは完全に粒子の取り込みを防ぐものではありません」と記載がされています。日本には、医療用マスクの規格はこれまで存在していませんでしたが、JIS がサージカルマスク(医療用ブリーツマスク)と一般用マスクを区別した



もの（JIS T 9001）、感染対策医療用マスク（JIS T 9002）が制定され、性能試験の基準が示されました（2021年6月16日）。ただし、このような新しい規格が作られたとしても、マスクフィルター自体の性能規格であることに変わりはなくマスク形状に関する基準は含まれていません。これまでと同じくフィット（密着性）や漏れ、つけ方については注意を払わなければなりません。特に、一般用、医療用、感染対策用という記載は的を射ておらず、命を守るという最終的な目的が同じであれば、規格や表記のみに左右されてマスクを選んだり扱ったりすることはできません。なお、サージカルマスクや不織布マスクが顔に合いフィットすれば漏れ率が5%程度以下になることもあり、その場合は大気汚染対策や感染対策にも使用できますが、不織布マスクも布マスクやウレタンマスクと同様に、完全に顔へフィットさせることが難しいアイテムであるため、正式な個人用防護具にはなり得ません。そのため、どれだけ危険な環境にいるのか、外出しないといけいないのか、エリアや場面を十分に考慮して注意した上でマスクの使用をしなければならないのです。なお、フィット（密着性）とフィット感（肌触り）は別次元の話です。ウレタンや布マスクを肌触りが良く、フィットしていると勘違いされるが、それはフィットの感触が良いというだけで、実際には顔とマスクの間の隙間がなくフィットしているということとは異なります。

### 国家規格の防じんマスク

国家規格検定に合格したマスクを防じんマスクと呼びます。使い捨て防じんマスクでは、N95（アメリカ）、DS2（日本）、FFP2（ヨーロッパ）、KF94（韓国）、KN95（中国）が、マスクの性能としては同程度とされています。しかし、国によってその試験項目は異なります。マスクの大きさも異なるため当然のことながら、着用時の効果も異なります。国家規格のマスクであるから、大丈夫というわけではなく、やはりここでも自分の顔に合うマスクかどうか重要になってきます。また、吸気抵抗（息を吸うときの息苦しき）や排気抵抗（息を吐くときの息苦しき）は、N95とDS2を比較するとDS2の方が吸気抵抗や排気抵抗が低く設定してあるため、息苦しきが軽減していると感じる人も多いです。使い捨て防じんマスクのうちN99、N100（米国）やDS1（日本）という、フィルター性能がより高い規格のものがありますが、N95よりもN99の方が命を守る効果が高いと感じる方も多いかもしれません。実際は、N95もN99も粉じんを吸いこまないという目的においては差がないとされています。それよりも、呼気がフィルターを通りにくくなり、息苦しきが増します。その結果、呼気は通りやすいマスクと顔の隙間からより漏れやすくなるというリスクが高まります。このことは、二重マスクでも言えることです。どうしても防ぎたい場合は、電動ファン付き呼吸用保護具や全面マスクの使用を検討した方が良くなります。ただし、何れのマスクにおいても使用する際には注意が必要で必ずフィットテストやフィットチェックを行う必要があります。

### フィットテストとは

フィットテストは、マスク使用者の健康被害を防止するために、どの呼吸用防護具が使用者の顔面にフィットするかを確認する方法です。確認する方法は「定性的フィットテスト」と「定量的フィットテスト」の2種類があります。定性的フィットテストはエアロゾル化した物質（甘味剤や苦味剤など）を噴霧し、被験者が感覚的に甘味や苦味を感じたかどうかで判断します。定性法の利点は簡単で安価にフィット性を確認できることですが、その反面、被験者の味覚感度の違いがあればフィットテストが困難となります。それに対して定量的フィットテストのメリットは正確な数値で客観的にフィットファクターを測定できます。海外では、ISO や OSHA では粒子濃度の数値を基にした定量的フィットテストが医療現場で採用されています。

2021年5月25日にJIS T8150が改正され(\*1)、日本で初めて呼吸用保護具のフィットファクターの試験方法の基準が国際規格に統一されました。ただし、今回の新型コロナウイルス感染症や医療現場のフィットテストを念頭において策定されたものではなく、産業現場における呼吸用保護具着用義務化に伴ったものです。フィットテストのプロトコルはISOに準拠しているため、感染対策や大気汚染対策においても準用でき、運用の参考にすることができます。今後、感染対策においても、一般の方でもフィットテストが整備される可能性が十分にあると考えています。

### **フィットテストによるマスクの選び方**

大気汚染の曝露や感染リスクの高いエリアへ入る際には、複数のマスクから個々の顔に合ったマスクを選べるように備えておく必要があります。

スライドで示した棒グラフは、マスクを普段着用していない医療従事者が、様々なタイプのN95やDS2マスクを自分が思うように着用した際の漏れ率（訓練前）と、顔とマスクの間隙がなくなるよう意識して、保護具アドバイザー(\*2)が着用方法を指導したあとの漏れ率（訓練後）との比較を示しています。“フィット（密着性）”を意識してつけ方を直すだけで、マスクの漏れ率を大幅に下げることができる。人によって目的を達成できるマスクの種類は異なり、ふさわしいマスクを選び、訓練によってマスク本来の持っている機能を発揮させる必要があります。

### **マスク着脱時による感染リスクと使い捨て防じんマスク再使用**

ここまで、マスクを正しく漏れないように着用することの重要性について話をしてきましたが、個人用防護具は脱衣時の汚染拡大リスクがある。そのため、マスク表面、グローブやガウン、ゴーグルに付着した病原菌が接触感染の感染源となる可能性があるため、取り外しに十分に注意を払う必要があります。接触感染のリスクを減らすために、手指衛生の徹底も重要である。パンデミック禍では、防じんマスクの供給が不安定になるため、厚労省の「N95マスクの例外的取り扱いについて」を参考にして再使用が認められています。

しかし、再使用により起こりうる感染リスクを最小限に止める様に、汚染の知識やルール

を決めて対応する必要があります。医療現場では、マスク表面の極度な汚染を防ぐために、フェイスシールドを用いることや、再使用を無理やりするのではなく、エアロゾルの発生する処置での使用、患者の血液や体液で汚染したり明らかに損傷したりしたマスク、患者と密接に接触した場合などは、廃棄するようにしています。

### おわりに

これまでも、大気汚染はもとより花粉症やインフルエンザの際に、一般でもマスクは活用され着用する文化が日本にはありました。しかし、ただつけるだけでそのマスクの機能や使い方を省みることはありませんでした。新型コロナウイルス感染症によって、我々人類のマスクで防ぐべき目に見えない粒子に対する脆弱さが露呈したと言っても過言ではないと思っています。コロナ前からマスクをはじめとした防護具に対して無知な社会では、大規模なパンデミックが発生した場合に、その機能が発揮されないことは想定されていました。次に、例えば富士山の噴火が起きた際に、火山灰の吸引から身を守ることができるでしょうか。

管理者は、繰り返しマスクの教育機会を与えることも重要で、目に見えないものについて説明をする際には、実際に実験やフィットテストを体験することで科学的に理解してみると良いです。頭の中だけで通した理屈や、自信を持って考えていたイメージとは異なることの発見につながり、自分の新しい知識となり、それが一人ひとりの行動を左右し命を守ることに繋がると考えています。

本日は、どうもありがとうございました。

### 注釈

\*1 「金属アーク溶接等作業に係る措置」の一つとして、「フィットテストの実施」が義務付けられています。(2023年4月開始) 基発 0731 第1号では、JIS T8150 に定める「定量的フィットテスト」で実施する事が定められた。

\*2 保護具アドバイザー……公益社団法人日本保安用品協会が行う、保護具など全般の適切な活用に関する講習を修了して登録している、保護具などに関する労働安全衛生専門家。保護具アドバイザーのほかにフィットテストインストラクター(フィットテスト研究会)や国際呼吸保護学会(I S R P)が、保護具などに関する研究・予防策を推進している。

### 参考文献

(1) Jessica J. Bartoszko, Mohammed Abdul Malik Farooqi, Waleed Alhazzani, Mark Loeb. Medical masks vs N95 respirators for preventing COVID-19 in healthcare workers: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. Influenza Other Respir

Viruses.2020. 14(4):365-373.

(2) Vittoria Offeddu, Chee Fu Yung, Mabel Sheau Fong Low, Clarence C Tam. Effectiveness of Masks and Respirators Against Respiratory Infections in Healthcare Workers: A Systematic Review and Meta-Analysis. Clin Infect Dis. 2017. 65(11):1934-1942.

(3) 大西一成. マスクの品格. 幻冬舎. 2019年11月26日

(4) Kazunari Onishi. Health Impact Assessment of Asian Dust/Cross-border Air Pollutant and Necessary Preventive Measure. Nihon Eiseigaku Zasshi. 2017. 72(1): 43-48.

(5) Kazunari Onishi. Prevention of the secondhand smoke and leak-rate of the mask in children. Japanese society for pediatric tobacco research. 2017. 7(1): 41-44.

(6) 公益社団法人日本保安用品協会. 呼吸用保護具フィットテスト実施マニュアル. 2021.

(7)厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策本部. N95 マスクの例外的取り扱いについて. 事務連絡令和2年4月10日 <https://www.mhlw.go.jp/content/000621007.pdf>

(8)厚生労働省労働基準局長 基発「金属アーク溶接等作業を継続して行う屋内作業場に係る溶接ヒュームの濃度の測定の方法等の施行について」(基発 0731 第1号令和2年7月31日)