

日本環境感染学会医療環境委員会主催

第3回オンラインセミナー

徹底追及！換気 ～換気にまつわる“もやもや”を解消する～

2022年1月28日(金)18:00-19:30

感染経路から考える COVID-19感染対策

聖路加国際病院

QIセンター感染管理室

坂本史衣

本講演の内容は2022年1月28日現在の状況・知見に基づく

内容

- 感染経路
- 標準予防策
- 感染経路別予防策
- エアロゾル発生手技
- 換気の役割
- その他の重要な対策

内容



感染経路

標準予防策

感染経路別予防策

エアロゾル発生手技

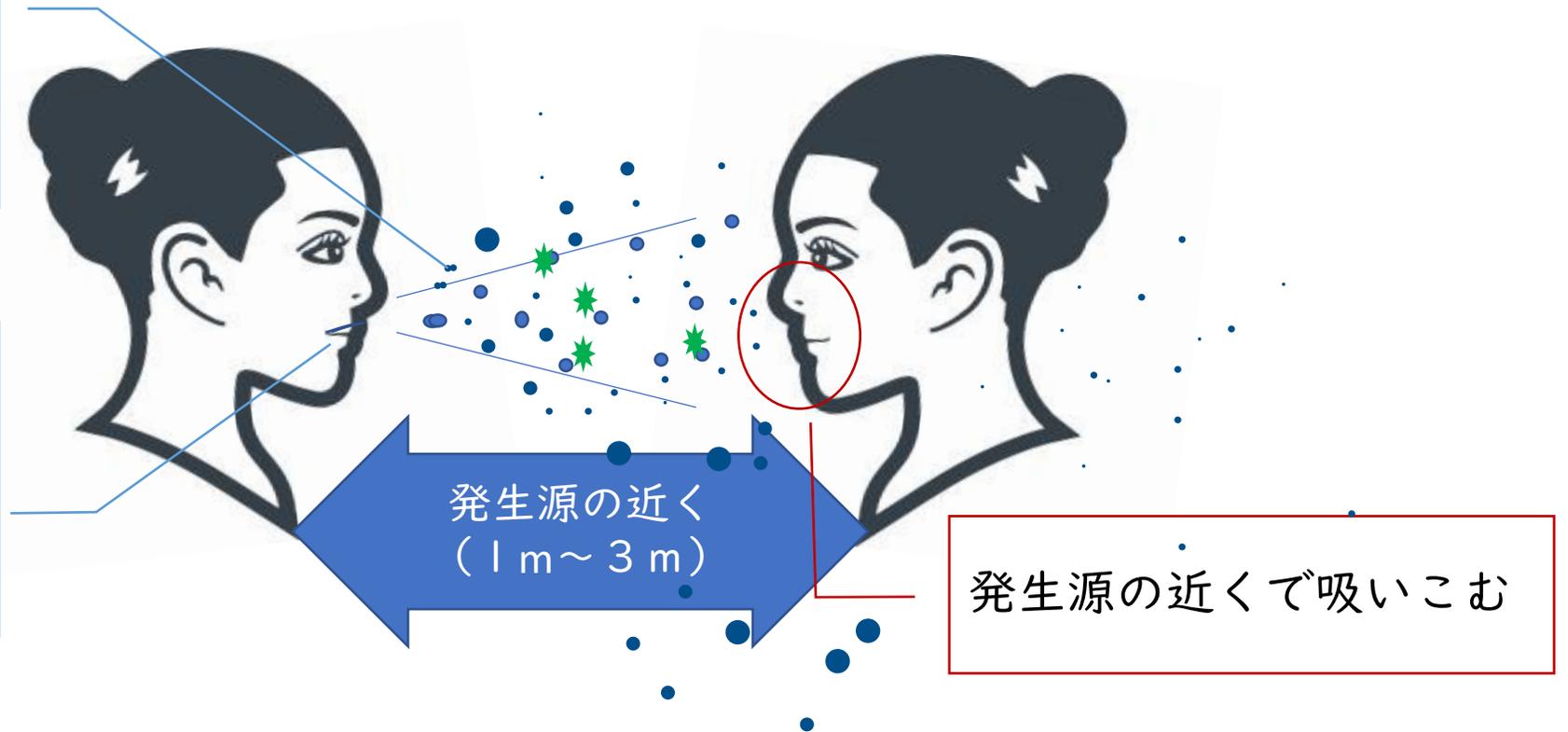
換気の役割

その他の重要な対策

吸入 Inhalation (近く)

鼻・口から出る
微細な飛沫や
エアロゾル粒子
水分量が少なく、
小さく、軽い

- 呼吸
- 会話
- 歌
- 咳・くしゃみ



吸入 Inhalation (遠く)

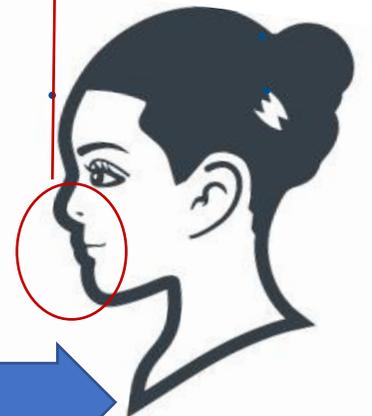
鼻・口から出る
微細な飛沫や
エアロゾル粒子
水分量が少なく、
小さく、軽い

発生源からやや離れた
ところで吸いこむ

換気の悪い空間

- 呼吸
- 会話
- 歌
- 咳・くしゃみ

発生源からやや離れている



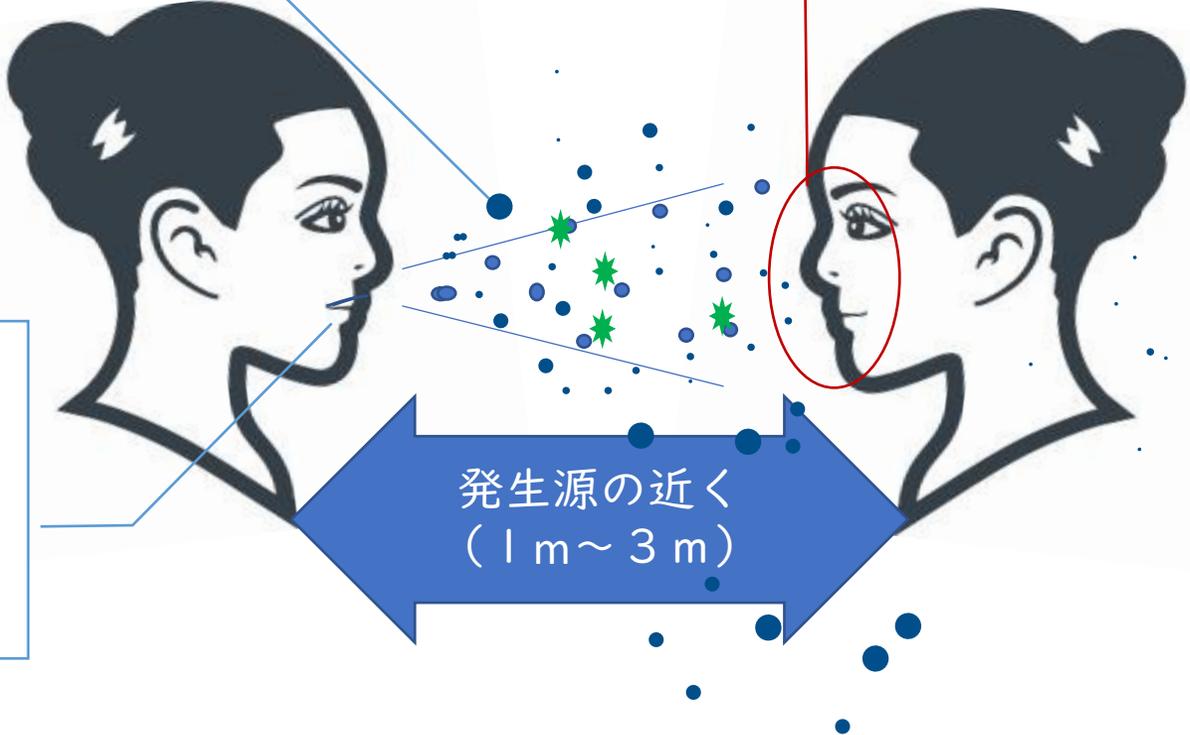
飛沫 Droplet

鼻・口から出る
水分量が多く、
重い微粒子（飛沫）

発生源の近くで
目・鼻・口の粘膜に直接付着

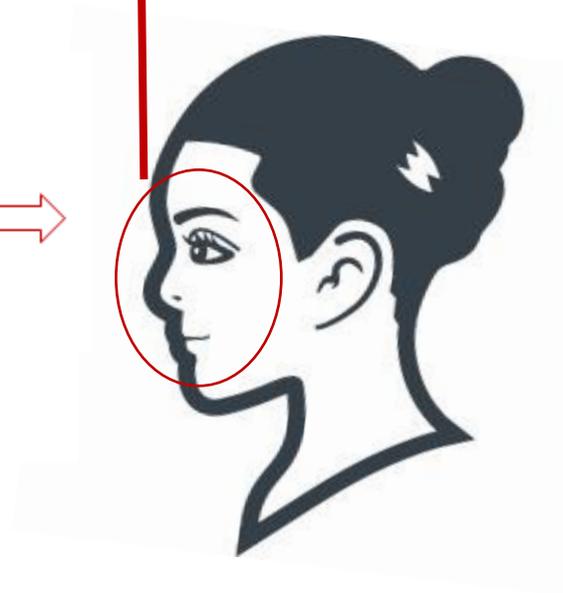
- 呼吸
- 会話
- 歌
- 咳・くしゃみ

発生源の近く
(1 m ~ 3 m)

A diagram illustrating the transmission of droplets between two people. Two stylized human heads are shown in profile, facing each other. A blue double-headed arrow between them is labeled '発生源の近く (1 m ~ 3 m)'. Numerous blue dots of varying sizes represent droplets being emitted from the mouth of the person on the left and directed towards the person on the right. A red oval highlights the eye, nose, and mouth area of the person on the right, with a red line connecting it to a text box that says '発生源の近くで 目・鼻・口の粘膜に直接付着'. Another blue line connects a text box on the left to the droplets. A third blue line connects a list of activities to the mouth of the person on the left.

接触 Contact

患者・器具
高頻度接触環境表面

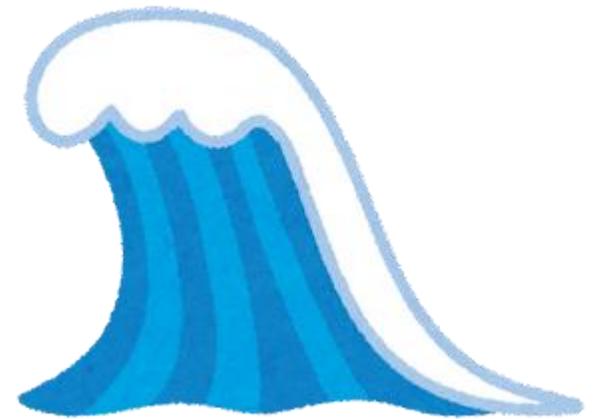


目・鼻・口の粘膜に付着し、
感染

内容

- 感染経路
- 標準予防策
- 感染経路別予防策
- エアロゾル発生手技
- 換気の役割
- その他の重要な対策

標準予防策は防波堤



手指衛生と
個人防護具は
近距離での曝露を防ぐ



吸入
飛沫
接触

血液、体液、分泌物、排泄物、創のある皮膚、粘膜

サージカルマスク



ユニバーサル
マスクング
では常時着用

飛沫への曝露が
予想される場合

ゴーグル



または
フェイスシールド



手で触れる可能
性がある場合

手袋



衣服に付着する
可能性がある場合

ガウン

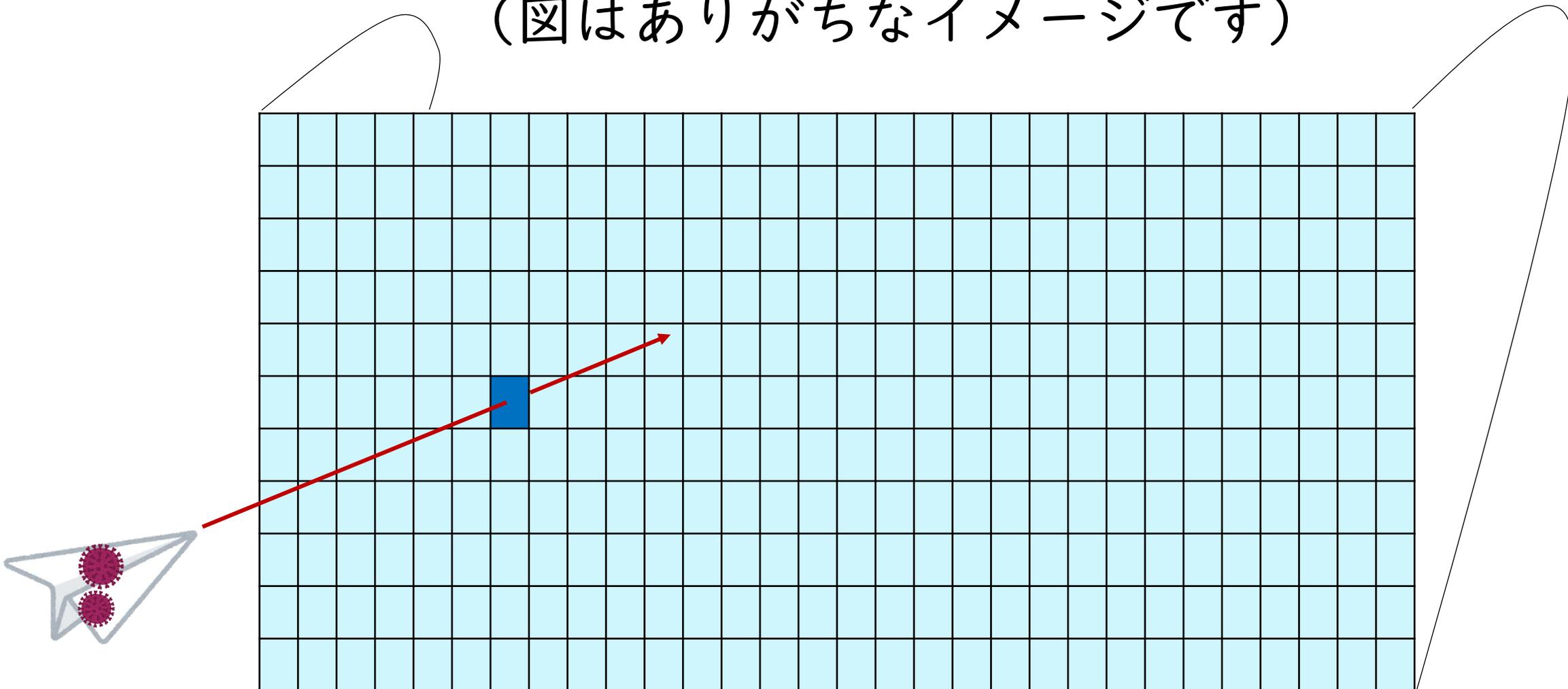


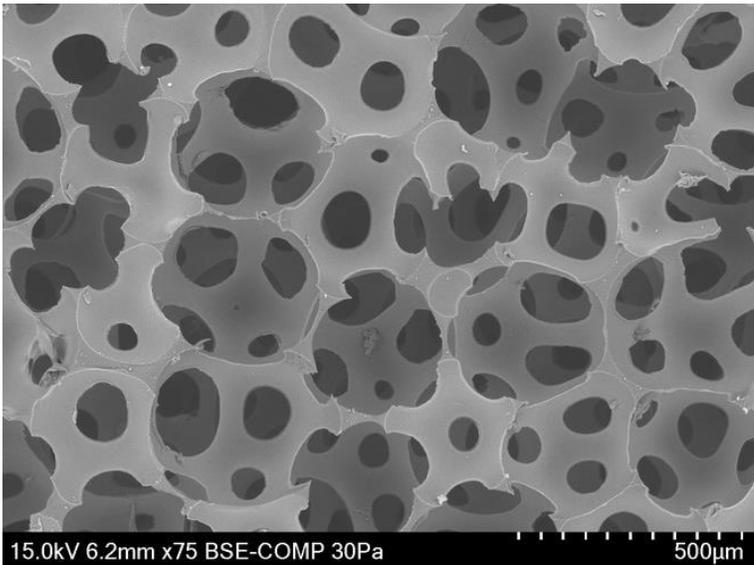
または

エプロン

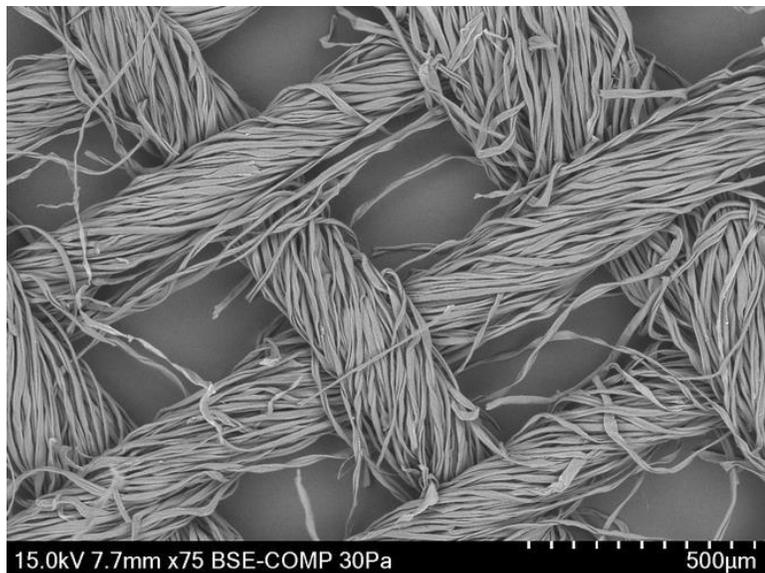


サージカルマスクの微粒子捕集機能 (図はありがちなイメージです)

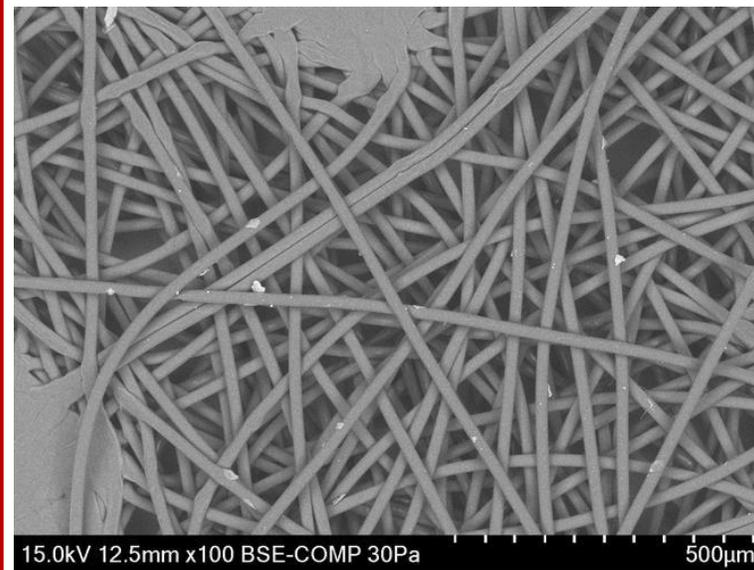




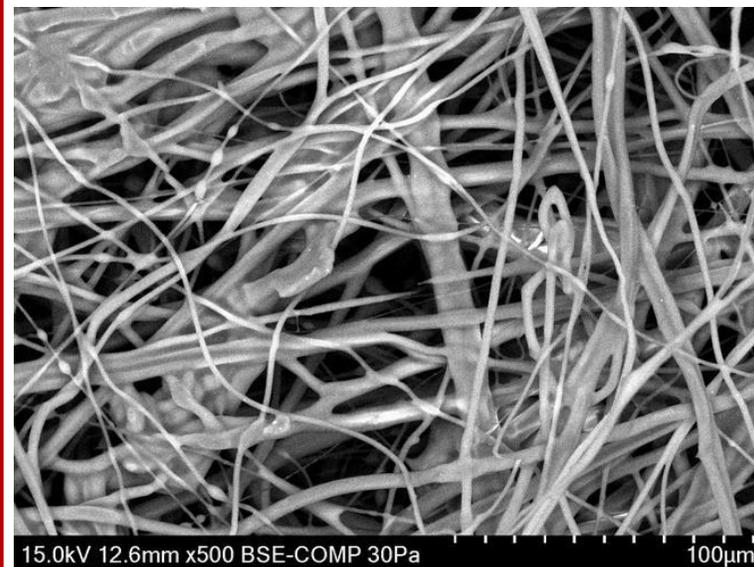
ポリウレタンマスク 75倍



ガーゼマスク 75倍



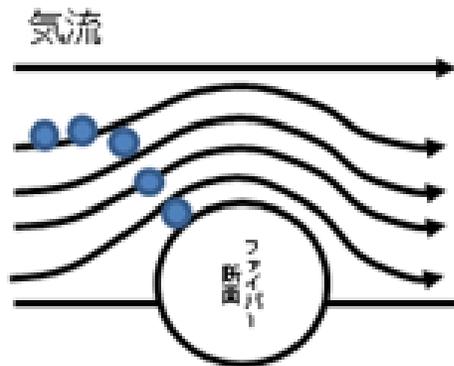
不織布マスク（外） 100倍



不織布マスク（内） 500倍

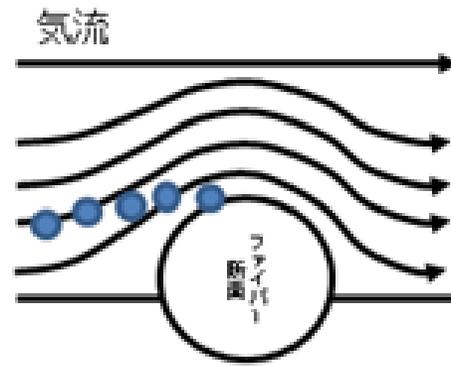
マスク（フィルター）による微粒子の濾過原理

重力で落下
重い、大きなものほど捕集



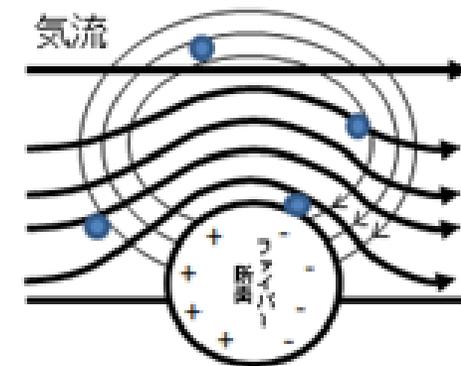
沈降効果

気流から外れて衝突
速度が遅く、大きいものほど捕集

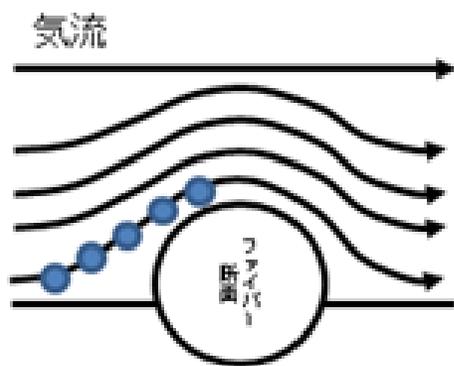


慣性効果

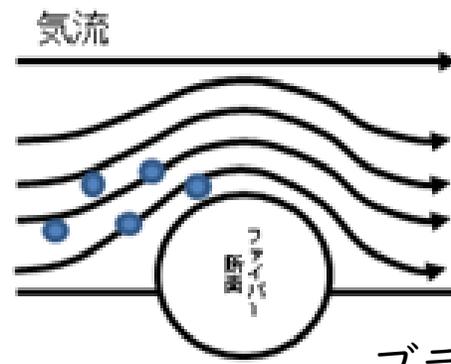
静電気で引き寄せ



帯電効果



フィルターに接触 さえぎり効果
繊維が細く、細かいほど効率的に捕集



拡散効果

ブラウン運動によるランダムな動きで接触
速度が遅く、微細なものほど捕集

日本産業規格（JIS T 9001） 医療用マスクの品質基準

項目	品質基準	クラス I	クラス II	クラス III
BFE (%)		≧95	≧98	≧98
PFE (%)		≧95	≧98	≧98
VFE (%)		≧95	≧98	≧98
圧力損失 (Pa/cm ²)		<60	<60	<60
人工血液バリア性 (kPa)		10.6	16.0	21.3
可燃性		区分 I	区分 I	区分 I
遊離ホルムアルデヒド (μg/g)		≦75		
特定アゾ色素 (μg/g) ※着色/染色した製品についてのみ試験を適用		≦30		
蛍光 ※呼吸に関わる本体部分のみに適用		著しい蛍光を認めず		

- Bacterial Filtration Efficiencyバクテリア飛沫捕集効率 (%) : マスクによって濾過された細菌を含む、平均約3±0.3 μmの試験粒子の割合、着用者から拡散する飛沫の遮断性を評価
- Particle Filtration Efficiency微小粒子捕集効率 (%) : マスクで捕集された平均約0.1 μmのポリスチレンラテックス試験粒子の割合、マスクが直径1 μm未満の微粒子をろ過する性能を評価
- Viral Filtration Efficiency ウイルス飛まつ捕集効率 (%) : 咳、くしゃみ、会話などの際に生じる飛まつのうち、ウイルスを含む約3 μmのエアロゾル粒子を捕集する性能
- 圧力損失 (Pa/cm²) : 息のしやすさ (通気性) を示す指標値
- 人工血液バリア性 (kPa) : 血液がマスクに飛散した場合の染み込みにくさを評価

米国および欧州のマスクの国家規格

基準	米国：ASTM F2100-20			欧州：EN 14683		
	レベル I	レベル 2	レベル 3	タイプ I	タイプ II	タイプ III
BFE (%)	≥ 95	≥ 98		≥ 95	≥ 98	
PFE (%)	≥ 95	≥ 98		不要		
血液不浸透性	80 mmHg	120 mmHg	160 mmHg	不要	≥ 16.0 kPa (> 120 mmHg)	
呼吸抵抗性 Δ(デルタ) P	< 5.0 mmH2O/cm2	< 6.0 mmH2O/cm2		< 40 Pa/cm2	< 60 Pa/cm2	
延燃性	Class I (≥ 3.5 秒)			European Medical Directive (2007/47/EC, MDD 93/42/EEC)に基づく		
微生物学的清浄度 (バイオバーデン)	不要			≤ 30 cfu/g		

- Bacterial Filtration Efficiency/バクテリア飛沫捕集効率 (%) : マスクによって濾過された細菌を含む、平均約3±0.3 μmの試験粒子の割合、着用者から拡散する飛沫の遮断性を評価
- Particle Filtration Efficiency/微小粒子捕集効率 (%) : マスクで捕集された平均約0.1 μmのポリスチレンラテックス試験粒子の割合、マスクが直径1 μm未満の微粒子をろ過する性能を評価
- 血液不浸透性 (mmHg) : 血液がマスクに飛散した場合の染み込みにくさを評価
- 呼吸抵抗性 (mmH2O/cm²またはPa/cm²) : 呼吸のしやすさ
- 延燃性 : クラス1~3に分類、数値が小さいほど燃えにくい
- 微生物学的清浄度 (バイオバーデン) : マスク1gあたりの許容される生菌数
- CFU : colony forming unit コロニー形成単位

1) European Standards. UNE EN 14683:2019+AC:2019. Medical face masks- Requirements and test methods. Released: 2019-12-04. <https://www.en-standard.eu/une-en-14683-2019-ac-2019-medical-face-masks-requirements-and-test-methods/>

2) ASTM International. ASTM Standards & COVID-19. <https://www.astm.org/COVID-19/>

サージカルマスク

- BFE, PFE, VFE95%～98%は多くの微粒子の吸入・放出を阻害
- 漏れは勘案していないので、できる限り顔との間に隙間ができないように着用



N95マスク

- 粒径0.3μmの微粒子を95%捕集する性能

濾過原理によって最も補足されにくく、N95相当のろ過材はそれ以下の微粒子も補足可能

- 可能なら複数サイズを採用
- 隙間ができないように着用



定量的フィットテスト

$$LP = \frac{C_i}{C_o} \times 100$$

LP：漏れ率 (Leakage Percentage) [%]

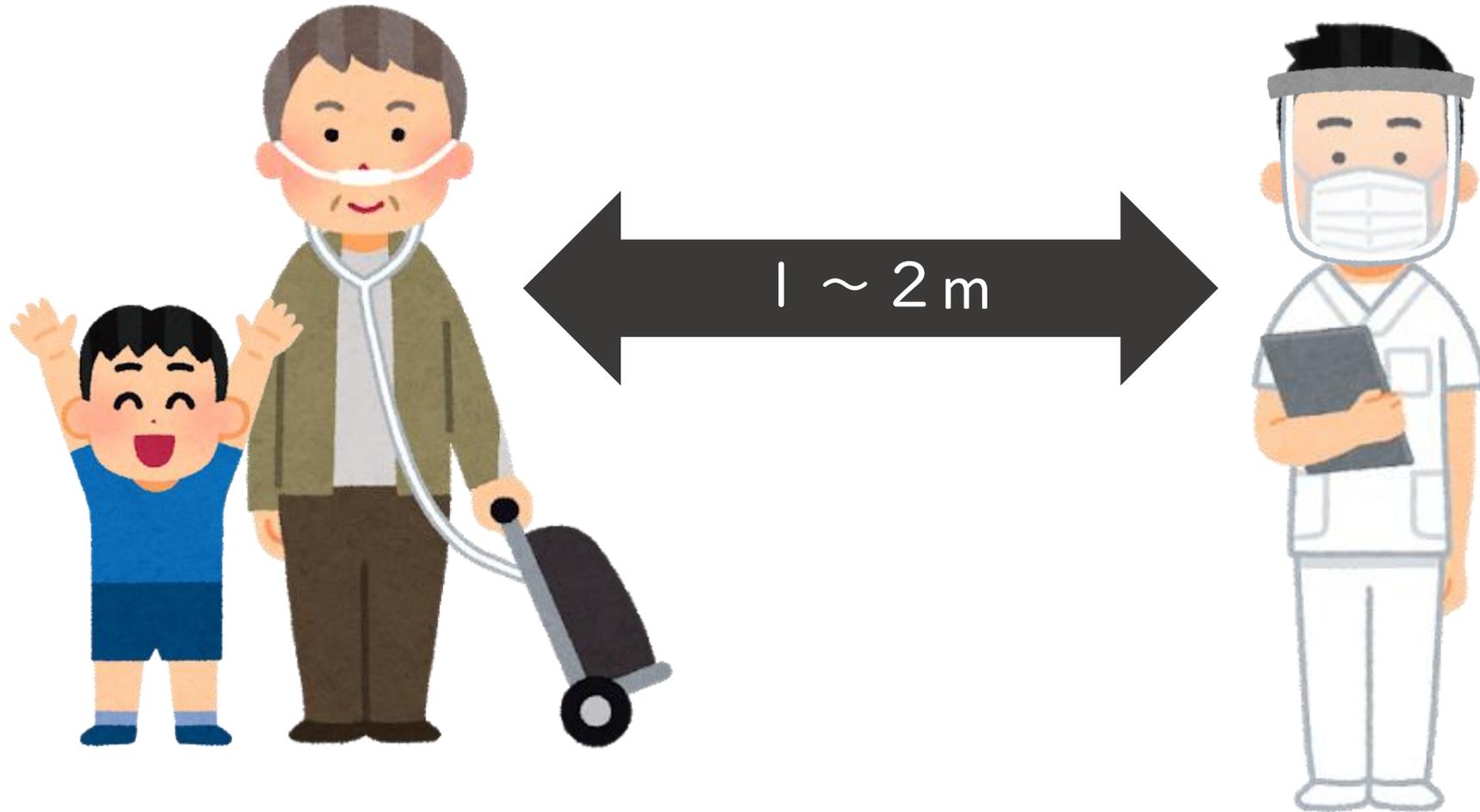
C_o ：マスク外側 (outside) の計数值 (count)

C_i ：マスク内 (inward) の計数值 (count)



ユーザーシールチェック

マスクを着けることが困難な患者 医療従事者が顔の粘膜を防護



内容

- 感染経路
- 標準予防策
- 感染経路別予防策
- エアロゾル発生手技
- 換気の役割
- その他の重要な対策

疑わしいさの程度に応じて
感染経路別予防策を追加する

接触・飛沫

COVID-19

結膜炎

味覚
嗅覚
障害

呼吸器
症状

その他
上気道
症状

消化器
症状

感染性胃腸炎

百日咳
風疹
ムンプス
インフルエンザ

発熱

侵襲性髄膜炎
菌感染症

神経
症状

空気

麻疹・水痘・結核

疑わ
しい
皮疹

結核
リスク
因子

標準予防策

暫定的に感染経路別予防策を追加

症状確認用紙	
ID	氏名
① 過去10日以内にCOVIDに関する下記症状	
発熱 (37.5°C以上)	
咳、息苦しい、風邪症状、のどの痛み	
味や臭いを感じない	
吐き気、おう吐、下痢	
結膜炎	
② 過去14日以内の行動履歴	
新型コロナウイルス感染症と診断された方との濃厚接触歴	
海外渡航歴	
③ ①②に関する現在の症状について	
なし	
あり ()	
④ 原疾患に関する症状確認	
前回より変化なし	
前回より変化あり ()	
⑤ お薬の残量確認	
月 日 日まであり	
処方なし	
※次回予約 (月 日)	
一般内科受診へ案内 (1F10番) 平日8:30~11:00	
あり	
なし	
※一般内科案内時は内線2110/2118へ連絡してから患者案内 (その際、一般内科受診後は患者そのまま帰宅となるのでご注意ください)	
※時間指定での検査がある場合は、患者到着と同時に検査室受付に「症状確認中」であることを直ちに連絡を入れる。	
※時間指定での検査がキャンセルになった場合は直ちに検査室に連絡をする。	
※複数科予約がある場合には、上記確認を診療科毎に行うこと。	

標準予防策 (手指衛生と粘膜汚染防止を強化)

主に接触
感染の
リスク↓

COVID-19 を疑う

接触と
飛沫感染
のリスク
↓↓

+ 接触 + 飛沫

空気感染する感染症を疑う

空気感染
のリスク
↓↓

飛沫 → 空気に変更

使用する個人防護具、収容する場所、診療の延期・中止・継続の運用

個人防護具の着脱

- 着衣

- ✓ 足りないものはないか？
- ✓ 覆われていないところがないか？
 - 大きすぎるガウン・エプロン
 - ゴーグルと顔の間に隙間
 - フィットしないN95 マスク

- 脱衣

- ✓ ゆっくりと、丁寧に
- ✓ 汚染されている部分（表面）に素手で触れないように
- ✓ 首から上に手が上がる←事前に手指衛生で粘膜汚染予防

内容

- 感染経路
- 標準予防策
- 感染経路別予防策
- エアロゾル発生手技
- 換気の役割
- その他の重要な対策

エアロゾル産生手技 Aerosol-generating procedures (AGP)

- 気管挿管・抜管
- 胸骨圧迫
- 用手換気
- 気管切開術・チューブ交換
- 気管支鏡検査
- 非侵襲的換気療法 (NIV)
- 高流量式鼻カニューラ酸素療法 (HFNO)
- 高頻度振動換気療法 (HFOV)
- 高張食塩水吸入による喀痰誘発
- 開放式気管吸引 (中咽頭～)
- 気道/副鼻腔の手術・解剖におけるハイスピードドリルの使用
- ネブライザー療法

歯科処置

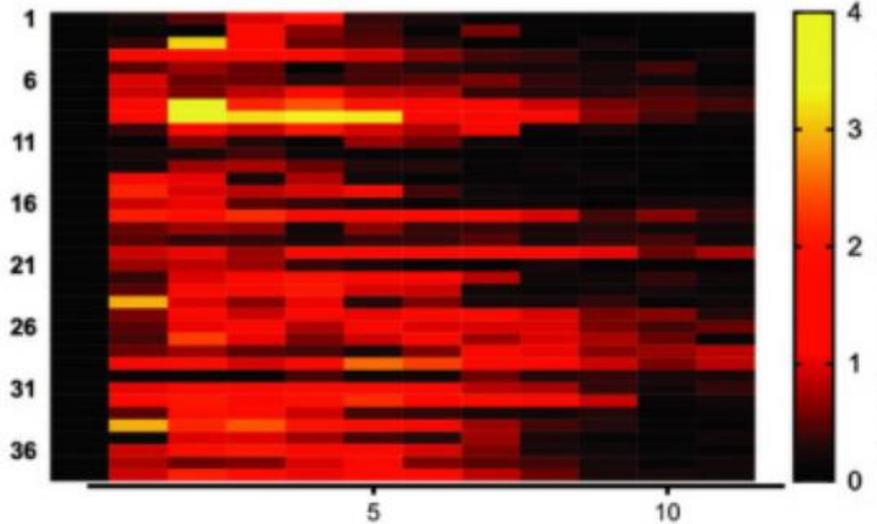
- 超音波スケーラー
- 歯科用高速ハンドピース
- スリーウェイシリンジ
- エアポリッシャー
- エアアブレーション

NIV: Non-invasive ventilation, HFNO: High flow nasal oxygen, HFOV: High frequency oscillatory ventilation

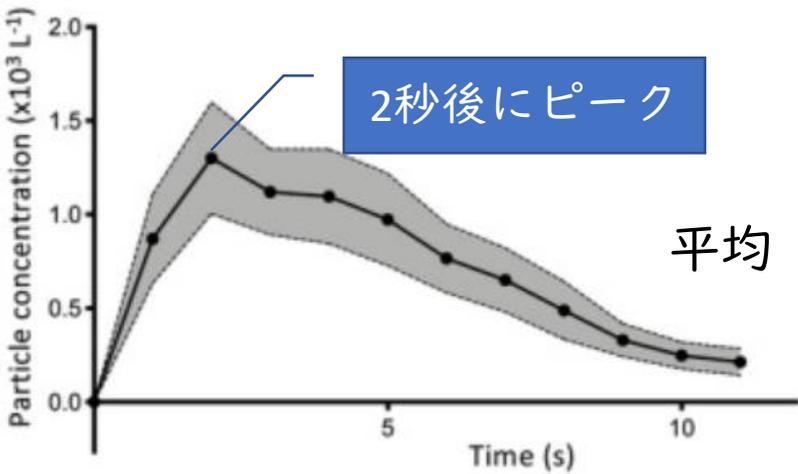
エアロゾル発生手技（AGP）にまつわる謎

- エアロゾルの定義は未確立
（ここでは粒径 $\leq 5\mu\text{m}$ の微粒子とする）
- AGPと呼ばれる手技で生じるエアロゾル量や感染リスクは不明
 - ✓ ケーススタディや実験室での研究に基づく理論上のリスク
 - ✓ 気管挿管・抜管、気管支鏡検査で発生されるエアロゾル量が極めて少ないことを示す調査結果も
 - ✓ エアロゾル量 \neq 感染リスク

(a) Volitional Coughs

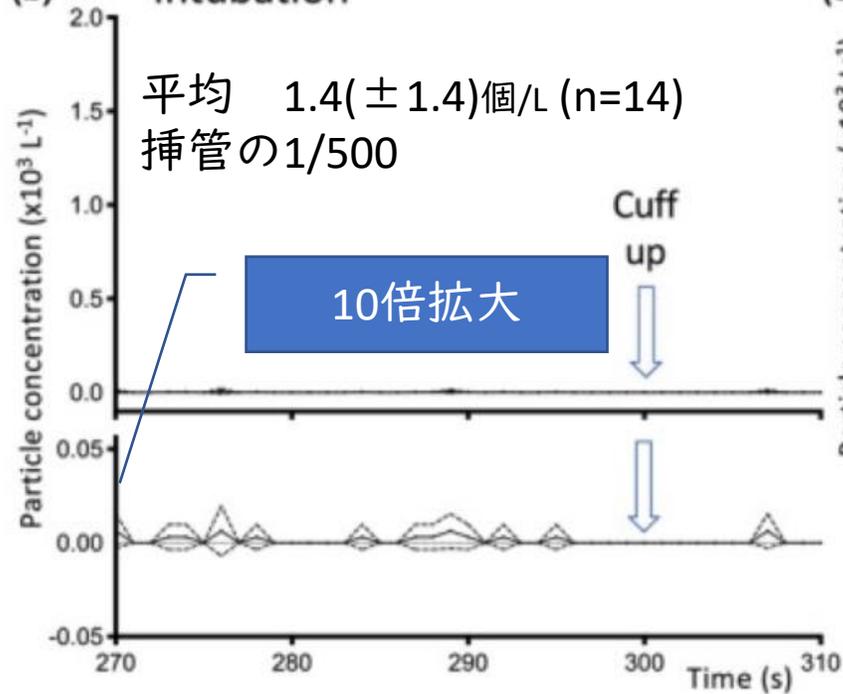


くしゃみで生じるエアロゾル濃度 ($\times 10^3/L$)



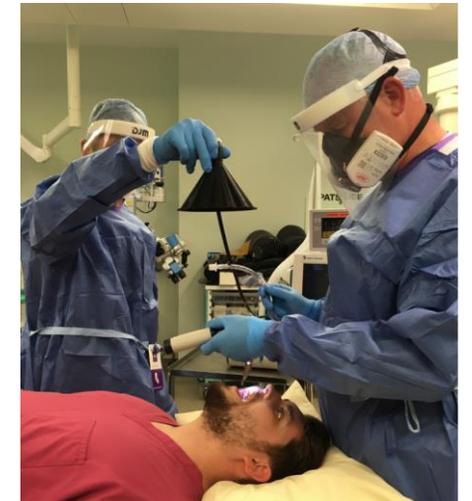
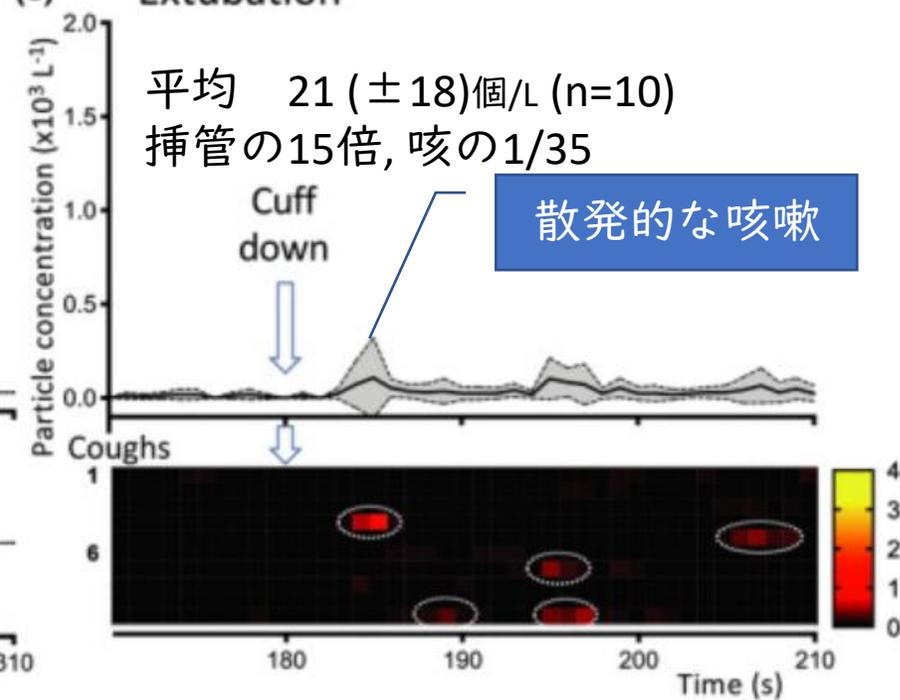
挿管で生じるエアロゾル濃度 ($\times 10^3/L$)

(b) Intubation



抜管で生じるエアロゾル濃度 ($\times 10^3/L$)

(c) Extubation



- マスク換気
- 静脈麻酔薬を用いた鎮静
- 筋弛緩薬の投与
- 直接喉頭鏡

エアロゾル発生手技は
一律エアロゾル粒子の吸入による
感染リスクが高い、
という単純な話ではない

エアロゾルによる感染のリスクに影響を与える4つの因子

距離

- ✓感染源との近さ

時間

- ✓曝露する時間の長さ

呼気の量・速度

- ✓NPPV, 胸骨圧迫
- ✓大声、肺機能検査(スパイロメトリー)は？

症状・重症度

- ✓ウイルス量
- ✓症状(咳、荒い呼吸)

換気

(リスクを緩和)

要素の組み合わせでリスクが上昇

- 近距離
- 長時間
- ウイルス量のピーク（発症前後の数日間）
- 咳

- AGPに含まれていない大声やスパイロメトリーなどもエアロゾル産生量が多い可能性
- 換気は空間の微粒子濃度を低下させることで感染のリスクを下げるが、特に近距離で、長時間の曝露がある場合などでは効果は限定的

N95マスク・陰圧室

	疑似症	確定例	条件（AGPなど）
N95			
陰圧室			



対象となる手技

内容

- 感染経路
- 標準予防策
- 感染経路別予防策
- エアロゾル発生手技
- 換気の役割
- その他の重要な対策

換気

- 定期的な機械換気の評価（風量、換気回数）、二酸化炭素濃度
- HEPAフィルタ付き、かつ風量 5 m³/min 程度以上の空気清浄機の活用

参照：厚生労働省 冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について

換気は、

- ✓ 室内の微粒子濃度を低下させるという点で重要
- ✓ ただし、感染源との距離の近さ、接触の時間の長さなど、感染につながりやすいリスク改善効果は限定的

内容

- 感染経路
- 標準予防策
- 感染経路別予防策
- エアロゾル発生手技
- 換気の役割
- その他の重要な対策

その他

- ワクチン（追加）接種
- ハイリスク行動の回避
 - ✓ マスクのない会話
 - ✓ 換気不良空間での滞在

まとめ

- 感染経路：吸入、飛沫、接触の3つがある
- エアロゾル発生手技：感染リスクは条件の組み合わせによる
- 換気の役割：室内の微粒子濃度を低下させる
 - 距離や時間など、他の要因によるリスクまでは下げない
- 標準予防策：近距離の吸入・飛沫によるリスクを下げる
- 感染経路別予防策：症状から積極的に疑うこと
 - N95マスク・陰圧室を必要とする条件を整理する
- その他の重要な対策：ワクチン、ハイリスク行動の回避