

大気汚染と健康管理 —肺の健康を守るには—

順天堂大学医学部呼吸器内科

客員教授

福地 義之助

大気汚染の健康影響

(短期暴露影響)

- 日死亡: 微小粒子濃度と日死亡には正の相関がある
- 呼吸器系、心血管系疾患による入院、救急受診、プライマリケア受診
- 呼吸器系、心血管系薬の使用
- 活動制限が必要な日数
- 会社欠勤、学校欠席
- 急性症状(喘鳴、咳嗽、喀痰、呼吸器感染症)
- 生理機能変化(呼吸機能など)

WHO: Air Quality Guidelines Global Update 2005

大気汚染の健康影響

(長期暴露影響)

- 心血管系、呼吸器疾患による死亡
- 慢性呼吸器疾患の発症および罹患(喘息、慢性閉塞性肺疾患等)
- 慢性的な生理機能変化
- 肺がん
- 慢性心血管疾患
- 子宮内発育の制限(低体重児出産、子宮内発育遅延等)

WHO: Air Quality Guidelines Global Update 2005

大気汚染の呼吸器への影響

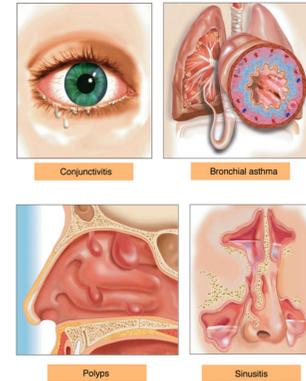
- A. 死亡率増加
- B. がんの増加
- C. 喘息発作の増加
- D. 下気道感染症の増加
- E. 慢性心肺疾患患者の増悪の増加
- F. 症状を伴う1秒量または努力性肺活量の低下
- G. 喘鳴の増加
- H. 胸部絞扼感の増加
- I. 治療を要する咳嗽や喀痰の増加
- J. 日常活動を妨げる急性上気道炎の増加
- K. 日常活動を妨げない急性上気道炎
- L. 日常活動を妨げるかもしれない眼、鼻、咽頭の刺激
- M. 悪臭

Am J Respir Crit Care Med 2000;161:665-673

身体的リスク(病気の症状)

- 眼 眼のかゆみ、腫れ、流涙、目やに
- 鼻・喉 くしゃみ、鼻水、鼻づまり、
喉の痛み、違和感など
- 気管支・肺 咳、痰、喘鳴(ぜんめい)
- 心・血管 肩こり、不整脈、血圧上昇、胸痛
- 神経・脳 頭重感、疲労感、不安感、うつ
- 生殖器 胎児への影響に対する不安など

身体的リスク(疾患)



- 結膜炎
- 気管支炎、肺炎、副鼻腔炎、慢性気管支炎、喘息、慢性閉塞性肺疾患、肺がんなど
- 動脈硬化、血栓形成→心筋梗塞、脳梗塞
- 精神性疾患 鬱(うつ)病、不安神経症、頭痛
- 胎児への影響(低体重児出産、子宮内発育遅延など)

具体的な対策

- 毎日の**情報**を確認

情報の入手法、見方、自分の身体、生活パターン(通勤時間、方法など)に合った行動開始のための数値を見つける

- 毎日の**行動**

身体の衛生管理(手洗い、うがい、舌磨き、マスクなど)

室内環境の管理(掃除、室温・湿度の維持など)

精神衛生の管理(家族内のコミュニケーション、大気状況の良い日の外出、語学・料理教室など)

適度な運動(室内で可能な軽い運動など)

- **道具**を使う

マスク、空気清浄機、加湿器、吸入器、
粉塵非拡散型掃除機の使用など

その他の工夫

- 暴露の時間・空間的な回避
 - 通勤・通学手段の検討(外気暴露時間を短縮)
 - 症状の重い場合などは職場の近くに移るか、道路沿いの高度汚染地帯から離れるなどの検討
 - 汚染が高度の場合、室外での激しい運動は控える
- 定期健康診断(特に長期に滞在する方)
- コミュニケーションを意識的に増やす

PM2.5とは？

傷害される部位は？

粒子の大きさの比較

PM2.5の直径は0.0025ミリ以下（400分の1ミリ）

人の細胞 10.0 μ m

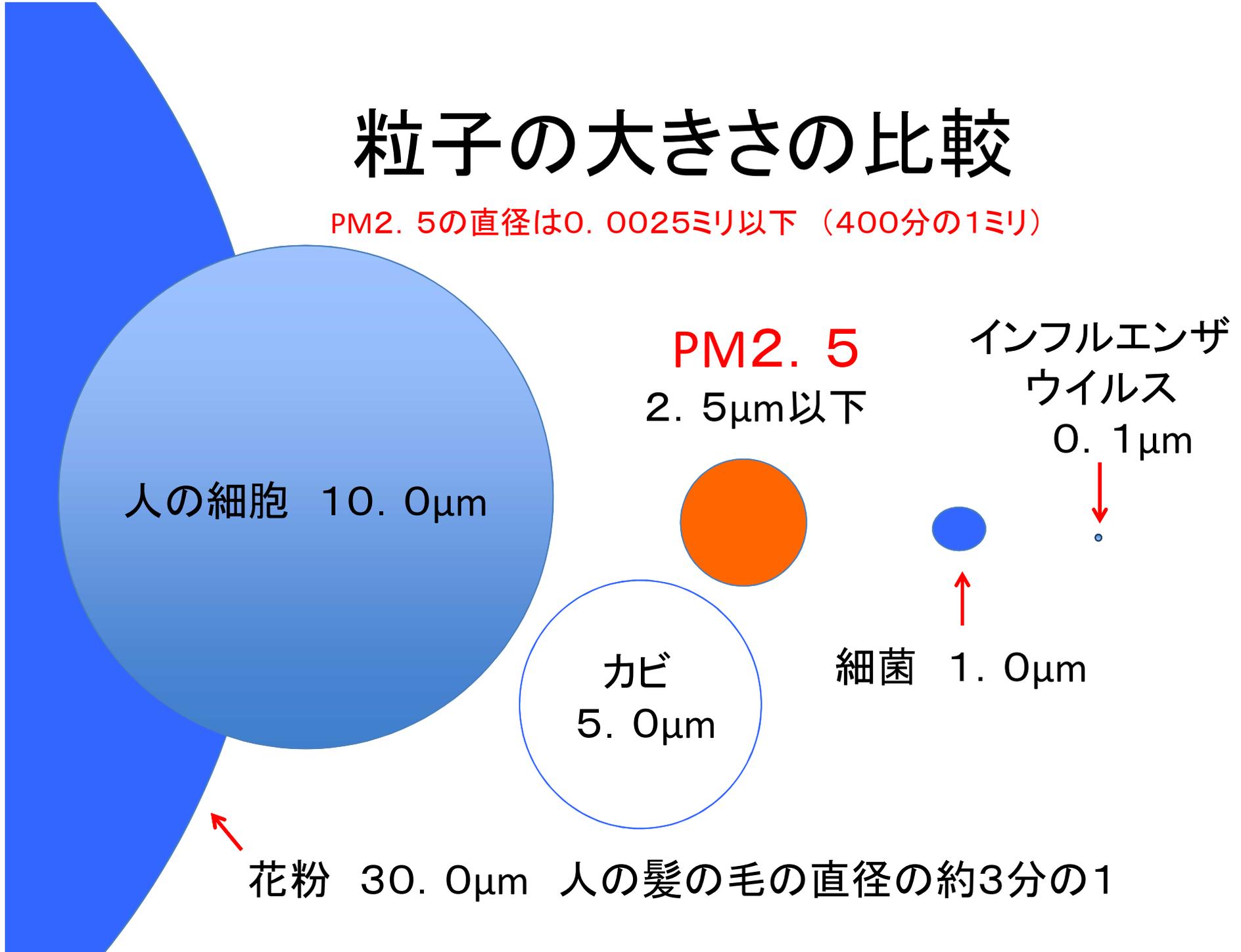
PM2.5
2.5 μ m以下

インフルエンザ
ウイルス
0.1 μ m

カビ
5.0 μ m

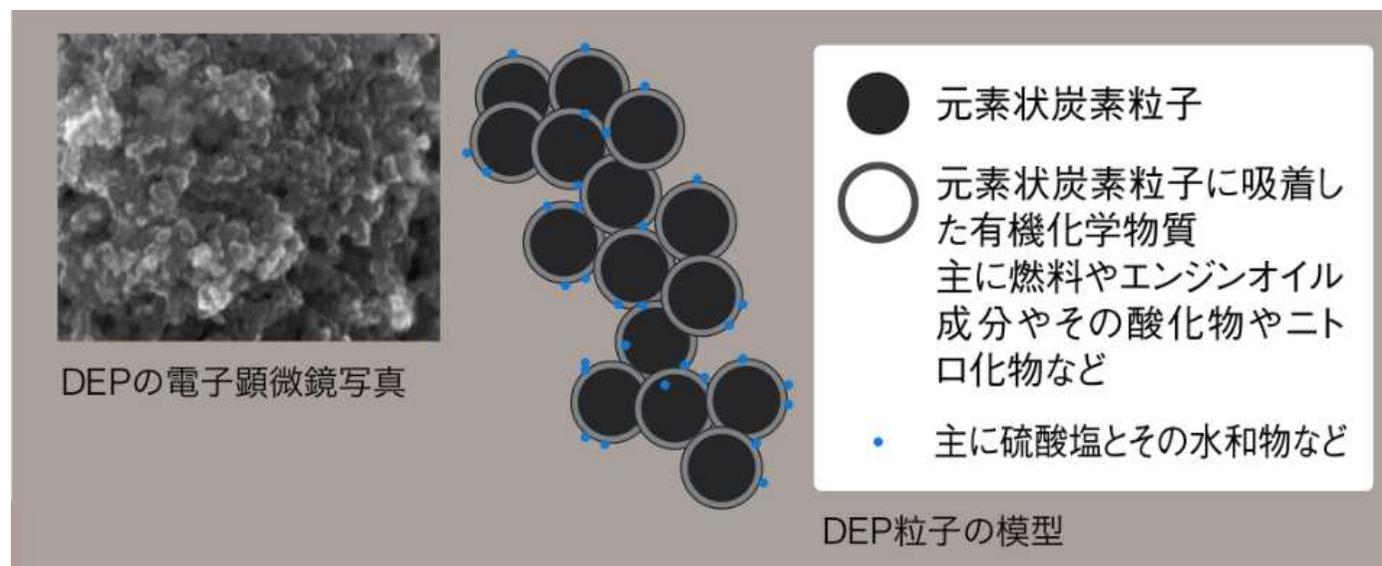
細菌 1.0 μ m

花粉 30.0 μ m 人の髪の毛の直径の約3分の1

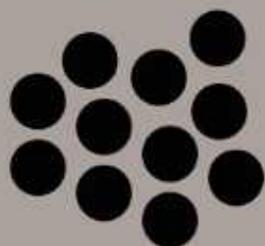


微粒子の形状は様々

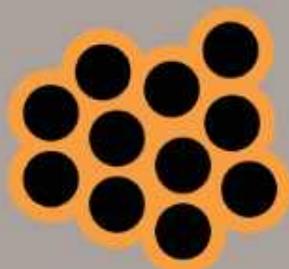
- PM2.5といっても形や性質は様々
- 黄砂、粉塵、化学物質など
- 例：ディーゼル排気微粒子（DEP）



微小粒子の毒性



粒子の表面に毒性がある場合
小さな粒子の方が毒性が強くなる可能性



毒性化学物質が吸着している場合
小さな粒子の方が毒性が強くなる可能性

同重量の場合：小さい粒子の方が表面積が大きい

● 粒子表面の物理・化学的性状と毒性

PM2.5の微小粒子としての影響

粒子が小さいため肺の奥(肺胞)まで到達し、

(物理的影響)

同じ質量で表面積が大

表面積が大きく細胞への活性刺激が大きい

(化学物質の影響)

直径が小さい

細胞内にとけ込み血液中を循環し全身に影響

肺の特徴

- 呼吸調節には自律性と随意性の両面がある
- 肺は外界に常に開放されている
 - 外部環境を映すカガミである
 - 肺を守る防御系がよく発達している
 - 線毛運動、肺胞マクロファージ、サーファクタント
 - 咳は大切な防御反応の役割を持つ
 - 肺の血管を全身の血液が通過する
 - 肺は内部環境を映すカガミでもある
- 呼吸器の病気は全身に影響する

肺の構造と機能

●肺は、呼吸を司る非常に重要な器官です。

肺の機能

換気

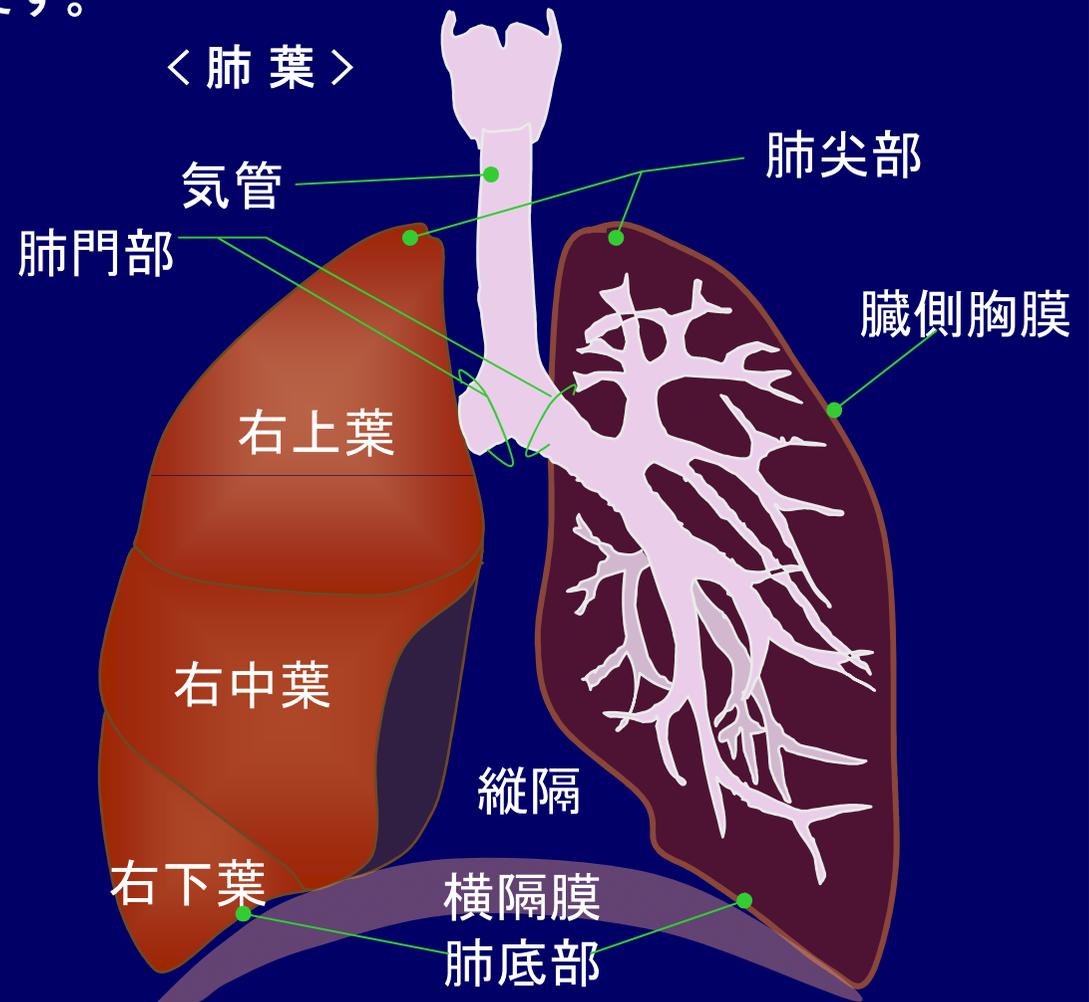
風船のように膨らむ左右の袋と横隔膜の収縮で、空気を出し入れする。

ガス交換

テニスコートほどの表面積を持つ肺胞で、体内に酸素を取り込み二酸化炭素を排出する。

防御

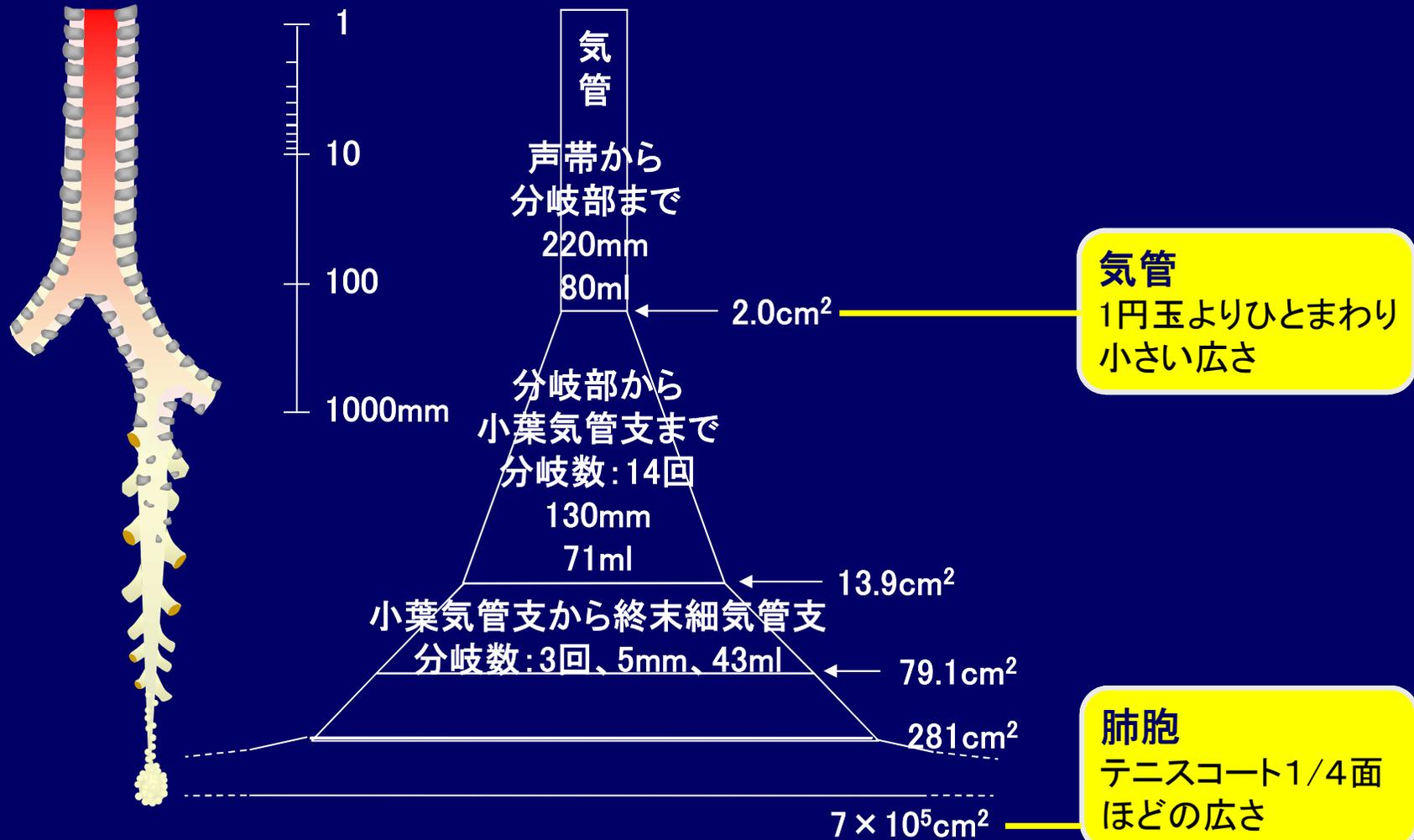
気道を通る外気からの汚染を、あらゆる手段(咳、痰、線毛、マクロファージなど)で防御する。



(出典: JNNスペシャルNo.53<絵で見る呼吸と循環>)

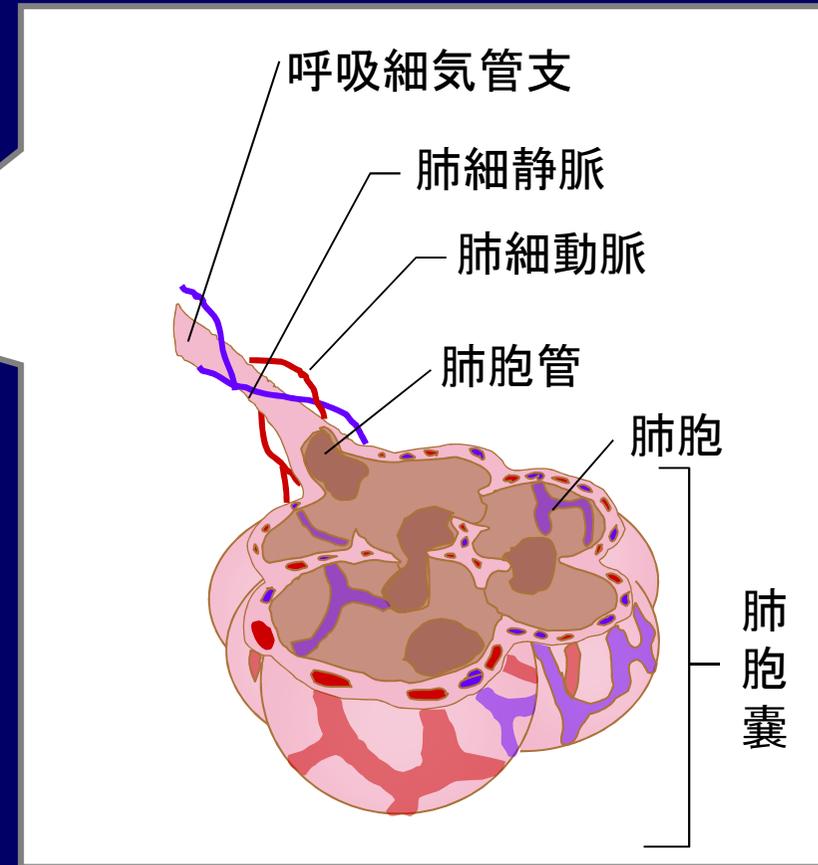
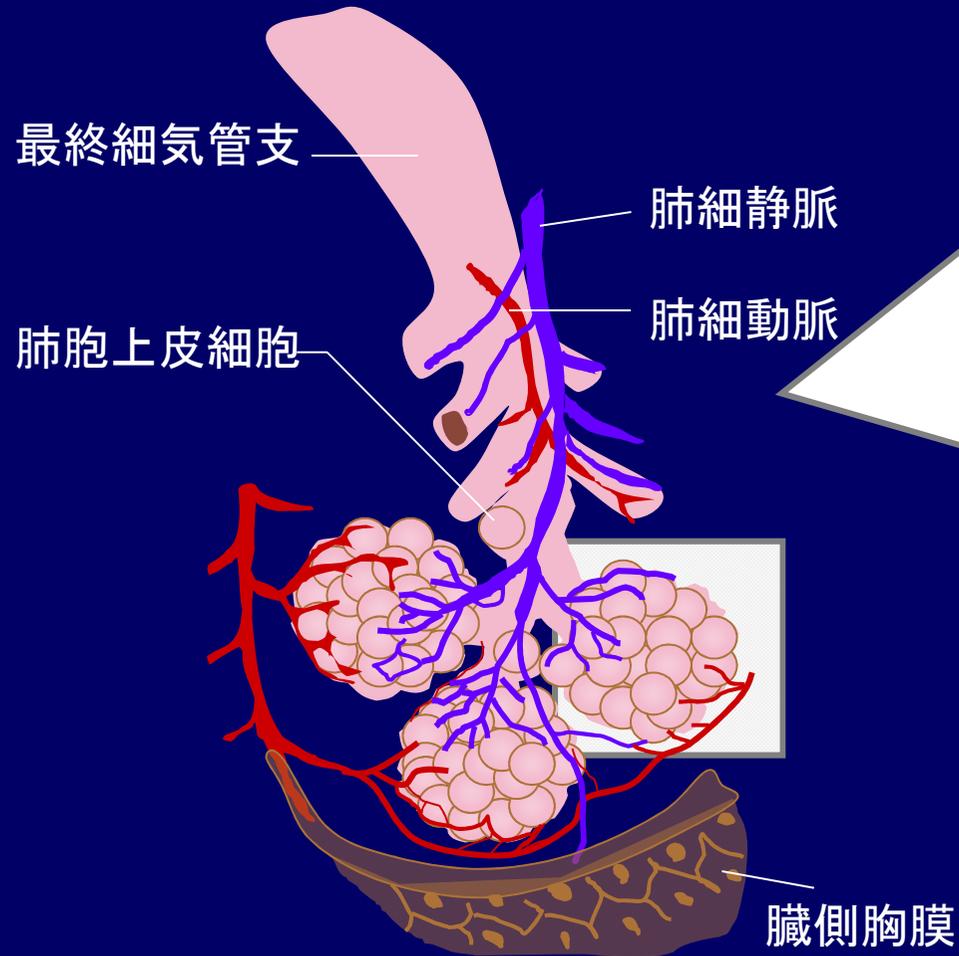
気道の分岐と総断面積

● 気道は何度も分岐して、気管から肺胞へと総断面積を広げます。



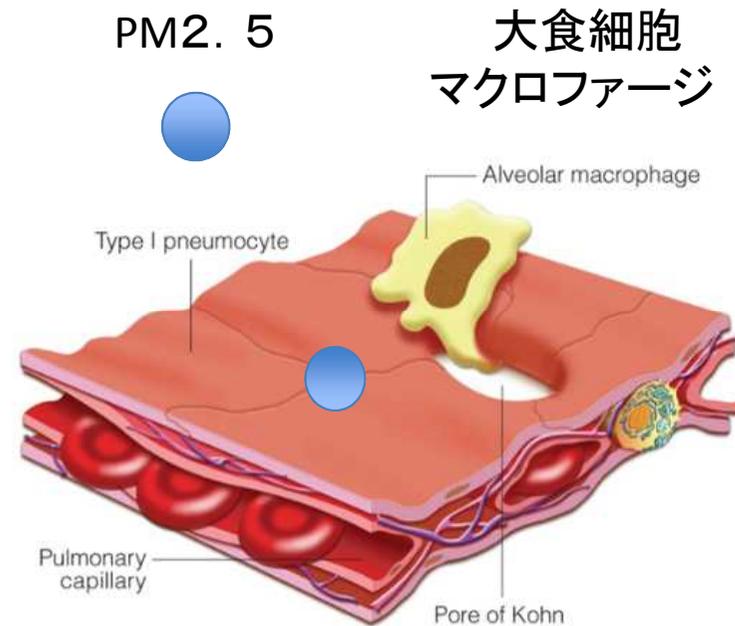
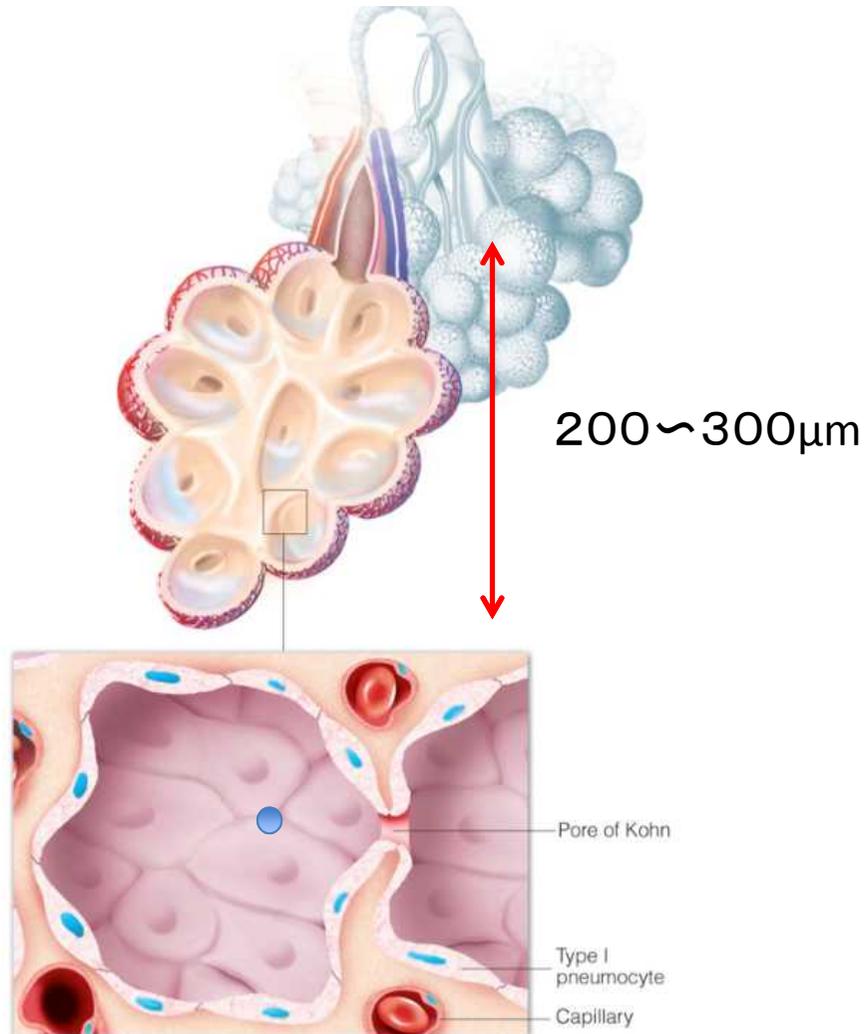
肺胞の構造

- 肺胞は、広大な表面積で効率よくガス交換を行います。



(出典: JNNスペシャルNo.53<絵で見る呼吸と循環>)

肺の末端：肺胞の構造



肺胞：酸素と二酸化炭素を交換する場所
5 μ m以下のものが到達しやすい

Changes in Smoker's Lung

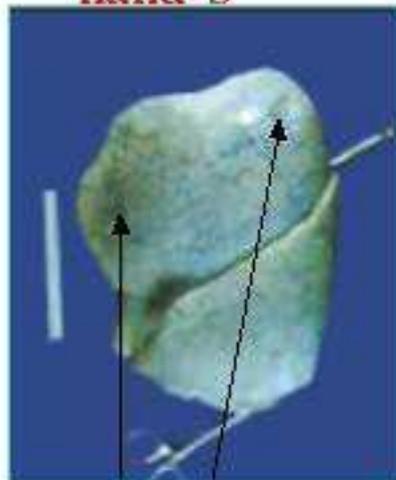
Non-smoker
No Second hand-S

Non-smoker
With Second
hand-S

10/day
50 years

60/day
55 years

Surface Change

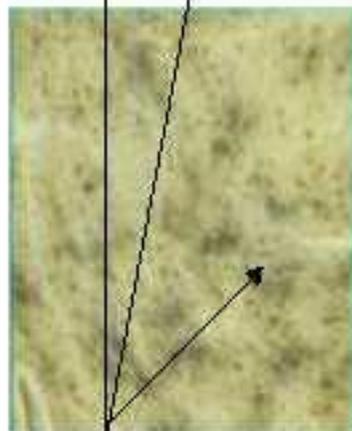


Tissue Change



0.1mm

65x, F



Black stain=tar

75x, F



5~6mm

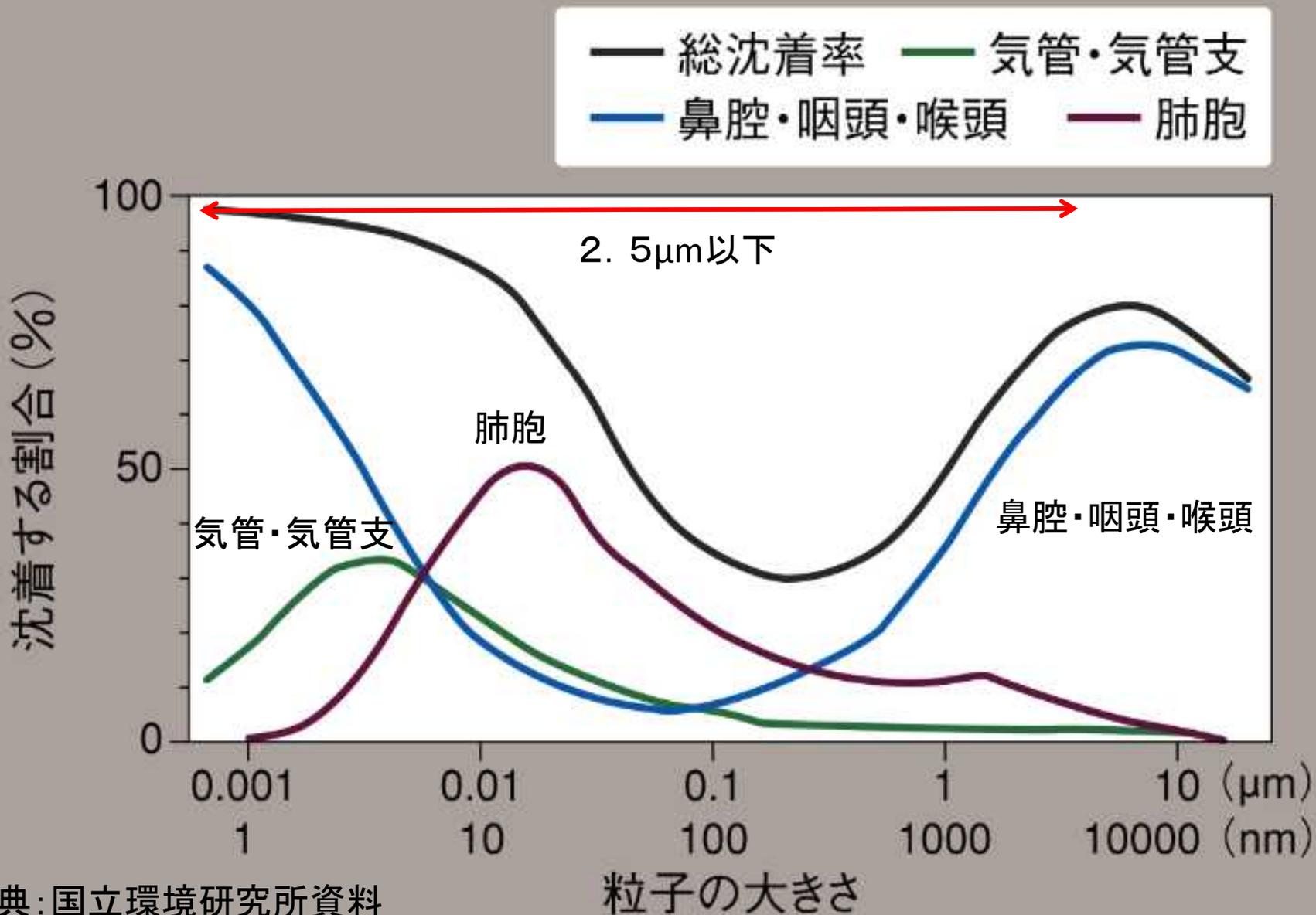
75x, M



Heavily damaged

70y, M

吸い込まれた粒子が沈着する部位の違い



粒子の大きさと到達度

- 5. $0\mu\text{m}$ 以下で肺胞に到達
- 1. $0\mu\text{m}$ でも肺胞に達するのは吸入量の1~2割のみで、残りは再び排出
- 0. $0.02\mu\text{m}$ (= 20nm)付近が肺胞への沈着が最も多く、50%程度 (排出されにくい)
これ以下では肺胞より上気道への沈着が多い

- 鼻呼吸よりも口呼吸でより奥に達しやすい

屋外での運動 → 口呼吸の増加

- 運動などにより、

換気量、呼吸数が増 → 沈着量が増
(主に1 ~ 3 μ mの粒子)

吸入された粒子の体内挙動

● 微小粒子

血中に移行、
全身に影響を及ぼす
(心、脳、生殖器など)
肺から除去されにくい
リンパ節に移行する量が多い

● 大きい粒子

呼気による再排出など
血中やリンパ節の移行が少ない



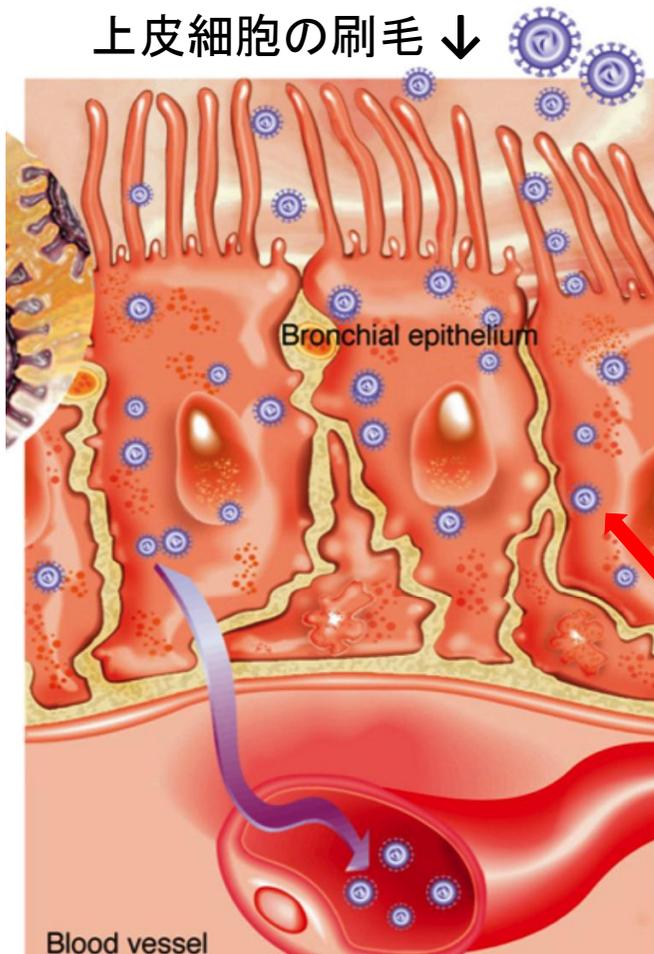
出典：国立環境研究所資料

気管支の絨毛細胞の運動

- 気管支の上皮細胞の絨毛が気管支壁の粘液を1分間に1cm移動させる乾燥、炎症(ウイルス感染やPM2.5など)による破壊といった上皮機能の低下で粘度が高まり痰が貯留→ 痰が絡む、空咳が続く など

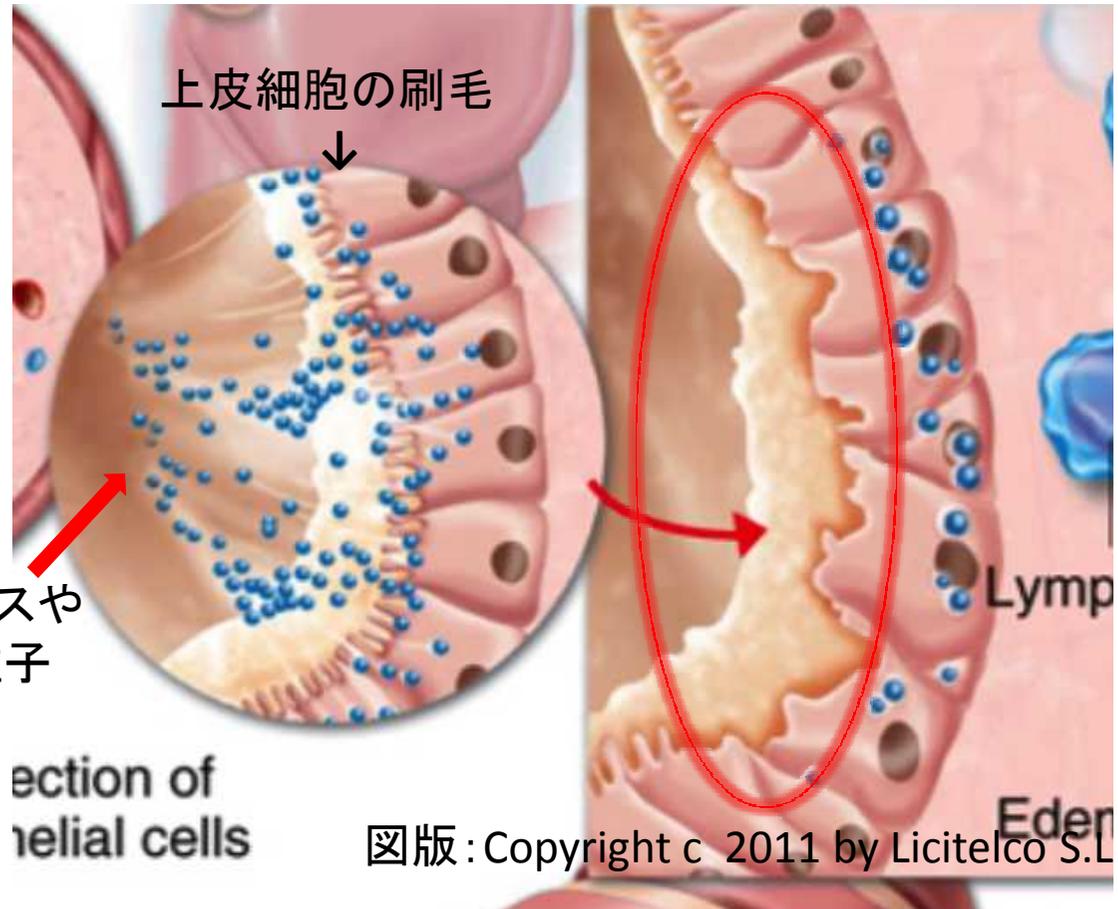
炎症で崩壊した
↓ 上皮細胞の刷毛

上皮細胞の刷毛 ↓



ウイルスや
微小粒子

上皮細胞の刷毛 ↓



図版: Copyright c 2011 by Licitelco S.L

注意が必要な方

- 高齢者
- 呼吸器疾患のある方（気管支喘息、COPD）
- 基礎疾患のある方（糖尿病、心筋梗塞後など）
- 喫煙者
- 敏感な方
（PMの濃度 $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ で症状が出現）
- 乳幼児、妊婦
- 学童期
- 成人（屋外活動中心）

咳・痰・喘鳴悪化の補助要因

〈乳幼児〉

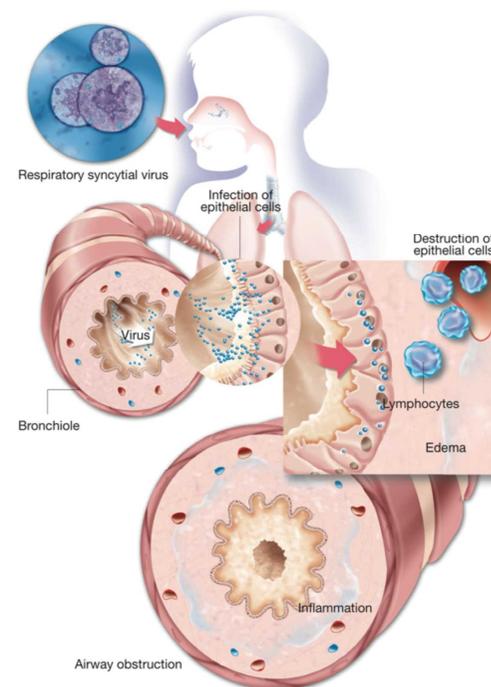
- 気管、気管支の直径が小さい
- 水分を失いやすい
- いろいろな抗原に晒されていないため喘息様症状を起こしやすい

〈成人〉

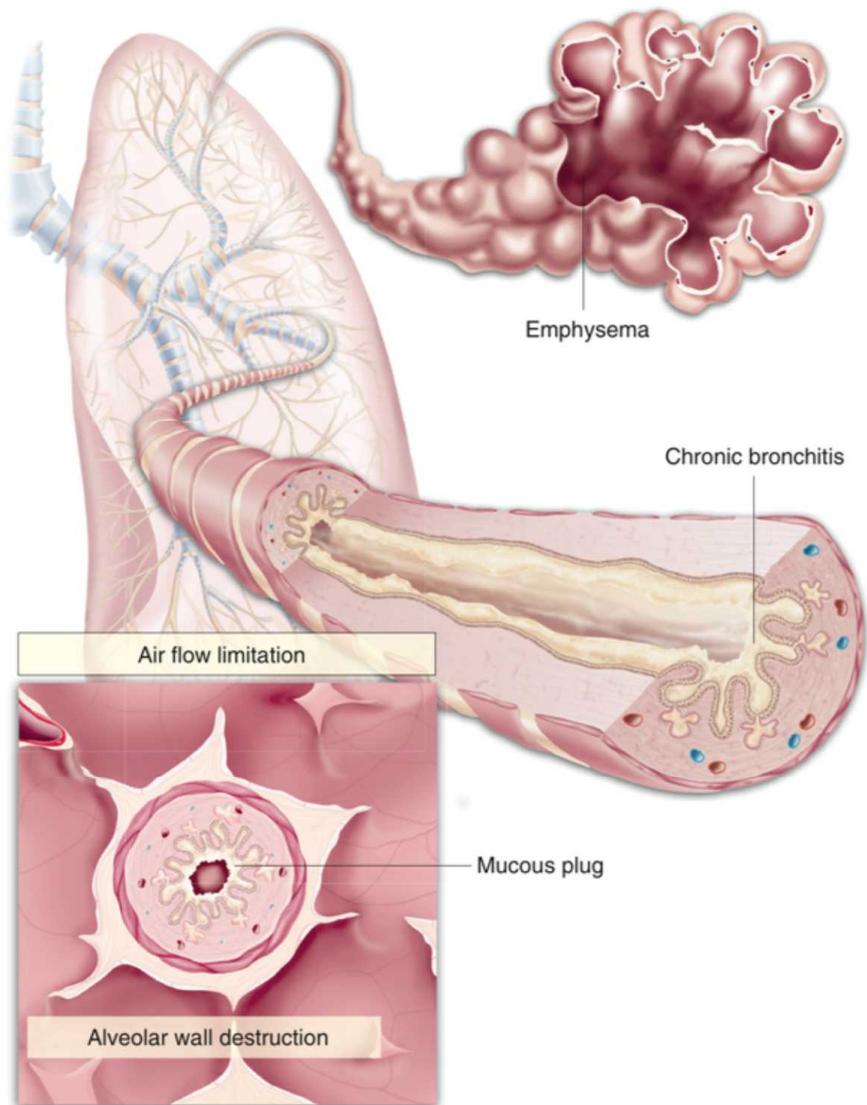
- 高齢者
- 基礎疾患
- 喫煙
- 飲酒(脱水)

保水が大切！

飲水・保湿



慢性閉塞性肺疾患(COPD)



- 肺気腫
肺胞の崩壊により酸素
交換機能を消失
息切れ、喀痰排出困難、
肺高血圧
- 慢性気管支炎
持続する咳と痰
- がんへの進展
- **喫煙**が増悪因子

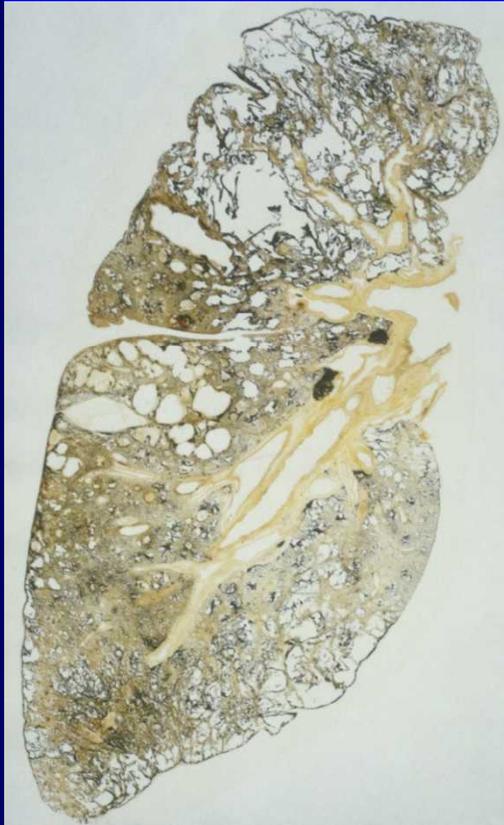
COPD: これだけは知っておきたいこと

- COPD: Chronic(慢性)、Obstructive(閉塞性)、Pulmonary(肺)、Disease(疾患)
- 慢性閉塞性肺疾患＝肺気腫＋細気管支炎
- 喫煙(喫煙指数200以上)が最大のリスク因子
- 高齢者に多い(40歳以上)
- 徐々に生じる体動時の息切れ、咳、痰
- スパイロ検査で1秒率が70%未満にとどまる
- 急性の発作がない
- 進行性で死亡にいたる重篤な病気
- 気管支喘息の5倍以上の死亡数

COPDでみられる肺胞の破壊

● COPDでは肺の炎症により肺胞が破壊されます。壊れた組織は元に戻りません。

破壊された肺胞

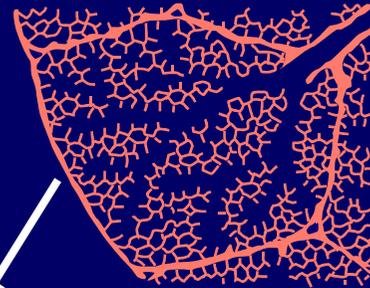


きめ細かいスポンジ状の肺胞は、肺胞壁が破壊されて融合し、スカスカのヘチマ状になる。

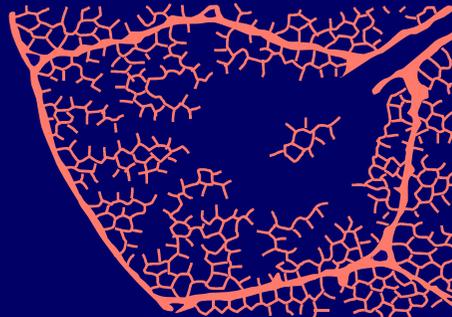
写真提供：国家公務員共済組合連合会幌南病院院長 川上義和先生

肺気腫による2通りの肺胞構造の変化

正常肺細葉

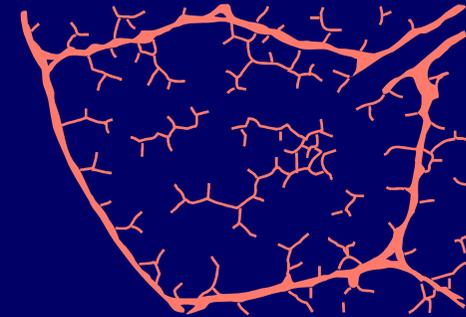


細葉中心性肺気腫



呼吸細気管支が破壊され、融合する

汎細葉性肺気腫



気道と肺胞のすべての肺胞中隔が破壊され、各肺胞が融合する

(出典：エキスパートナースMook33 カラー版「呼吸のしくみと管理」(1999))

COPDの病理(肺末梢部)

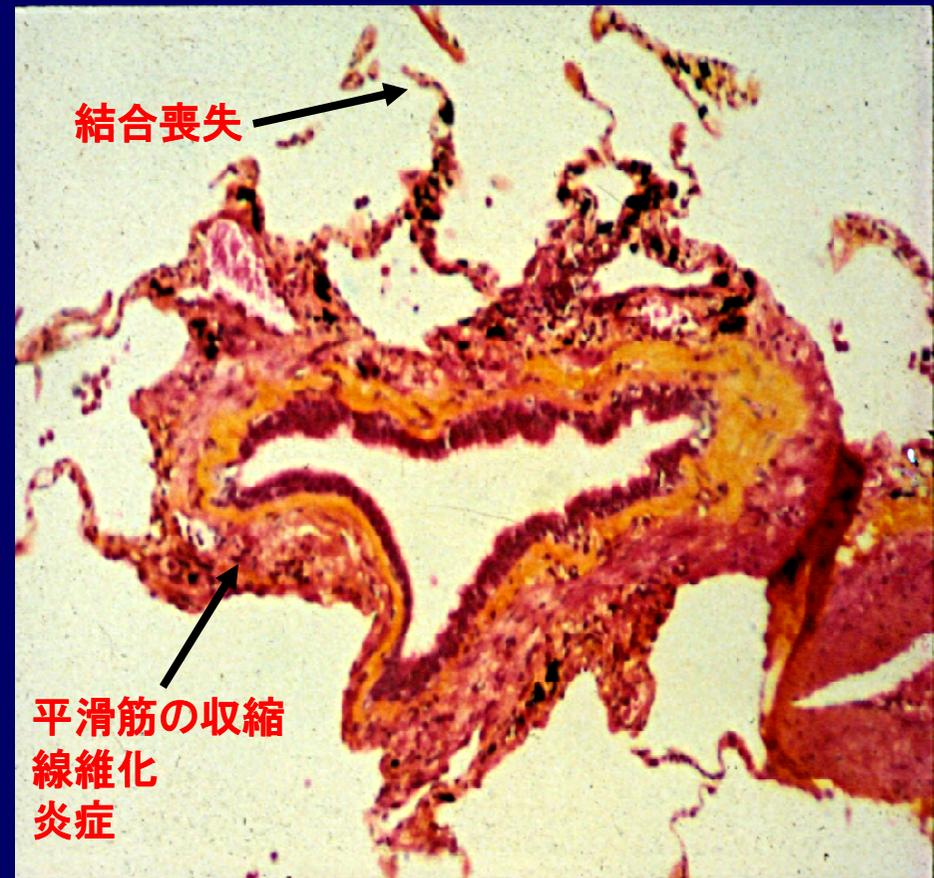
正常



細気管支

COPD

末梢気道に異常が認められる



肺気腫

对策

まず禁煙

- 喫煙は個人的環境汚染！
- 主流煙・副流煙も同等
- 滞留喫煙も問題あり
- 大気汚染への感受性上昇

基準となる情報

注意喚起のための暫定的な指針			
レベル	暫定的な指針となる値	行動のめやす	備考
	日平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		1時間値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ※3
II	70超	不要不急の外出や屋外での長時間の激しい運動をできるだけ減らす。 (高感受性者※2においては、体調に応じて、より慎重に行動することが望まれる。)	85超
I	70以下	特に行動を制約する必要はないが、高感受性者は、健康への影響がみられることがあるため、体調の変化に注意する。	85以下
(環境基準)	35以下 ※1		

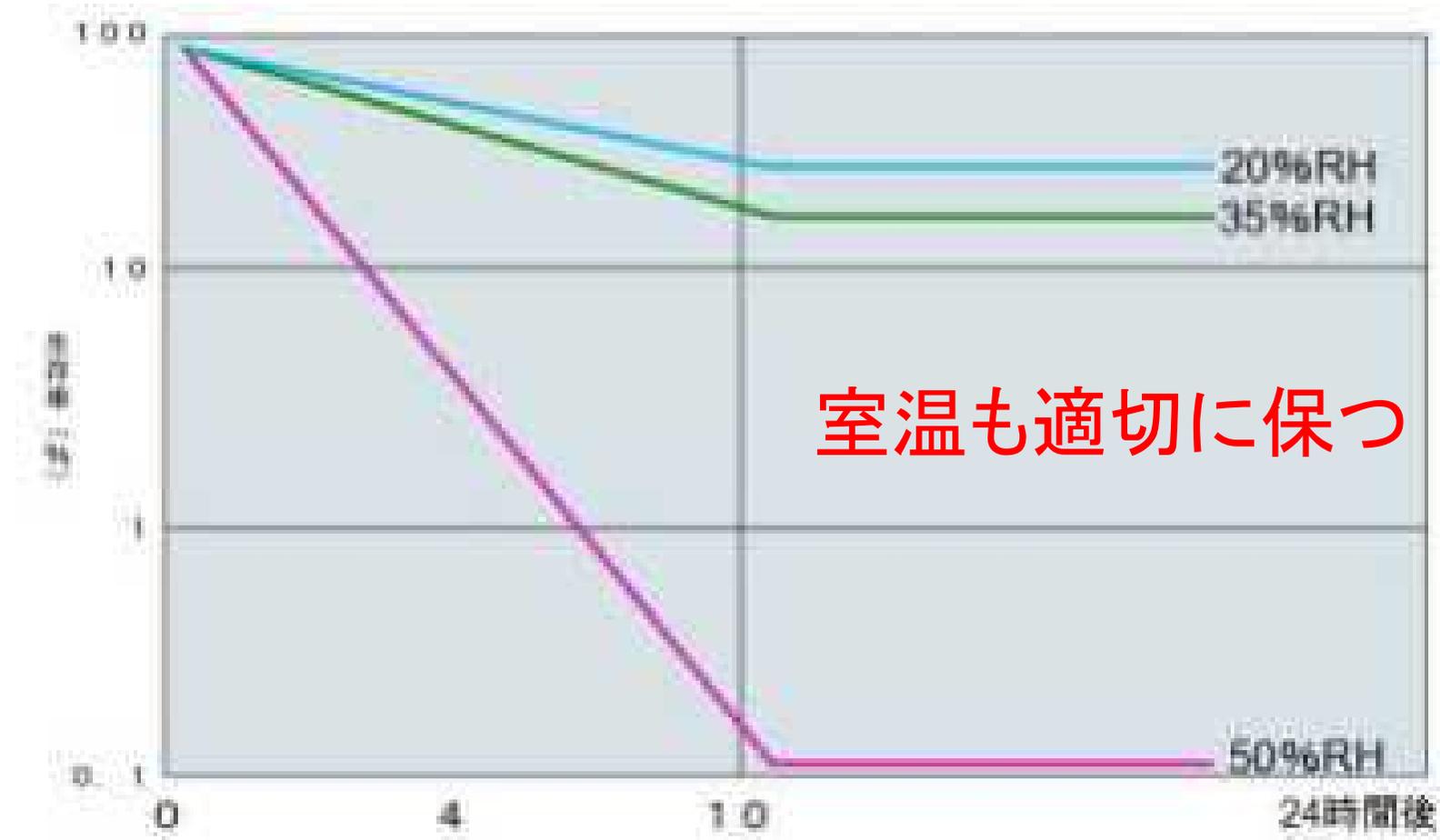
※1 環境基準は環境基本法第16条第1項に基づく人の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準
PM2.5に係る環境基準の短期基準は日平均値 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、日平均値の年間98パーセンタイル値で評価
※2 高感受性者は、呼吸器系や循環器系疾患のある者、小児、高齢者等
※3 暫定的な指針となる値である日平均値を一日のなるべく早い時間帯に判断するための値

- 風速が大きくなると、
しばらくはPM2.5の濃度が下がったままのことが多い傾向にある。



- 風速を逐次チェックすることで、
屋外活動の開始を決めやすくなる可能性がある。

インフルエンザウイルスは 湿度50%以上で減少

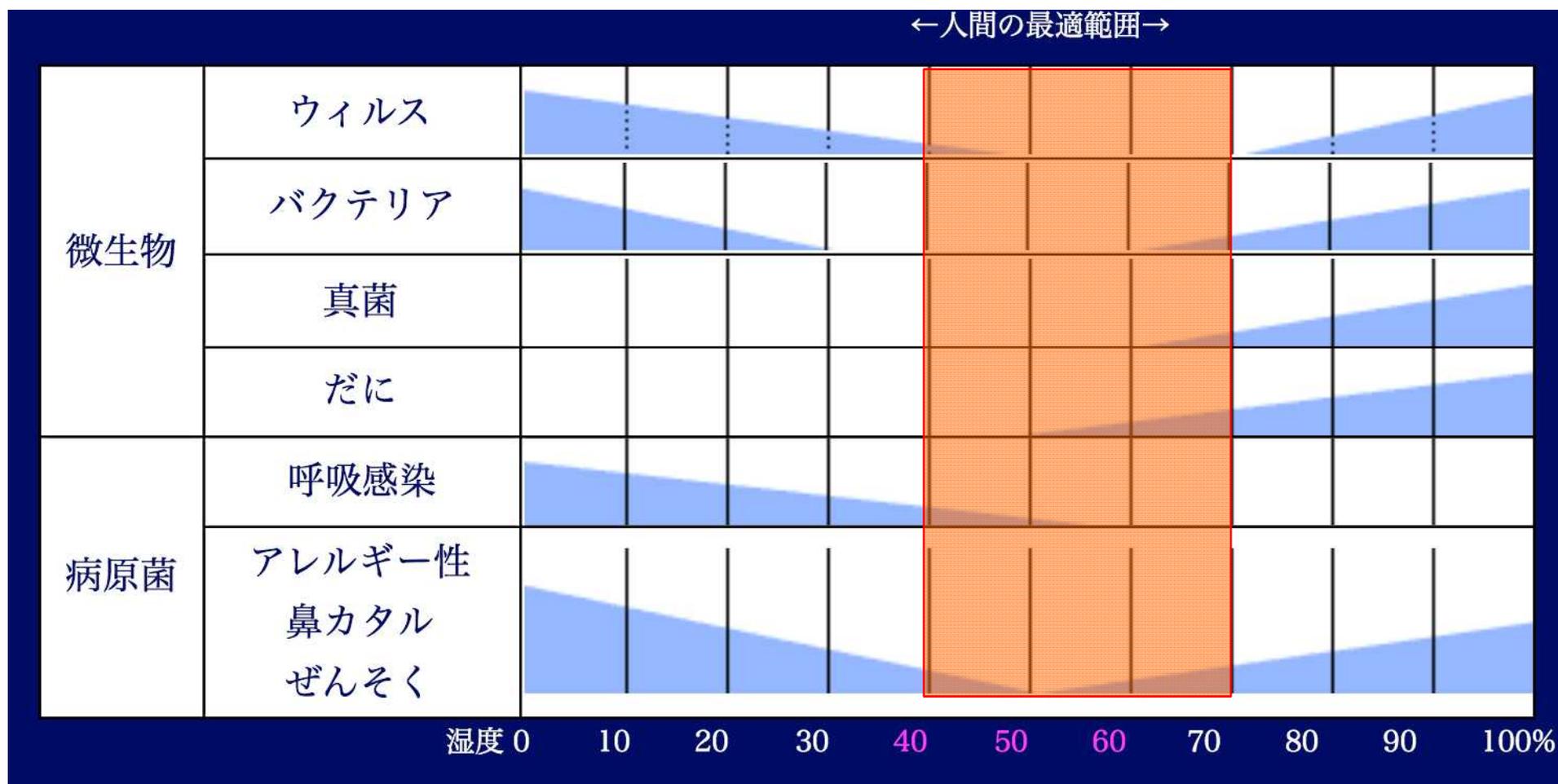


室内環境の管理

加湿の工夫

- 室内の湿度を室温20℃前後で40～70%に保つ
- 水分を補給（起床時・就寝前に白湯を飲むなど）
- 洗濯物を室内に干す
- 台ふきをいくつか置いておきこまめに拭き掃除
- 浴槽の水を張って浴室のドアを開け室温を保つ
- 保湿のための就寝時のマスク（乳幼児は不可）
- 室内観葉植物に水をやる
- 加湿器・吸入器の使用 など

湿度を保つ重要性



室内の**温度と湿度**を病原の少ない範囲に保つ

図版: Housing Eye's ホームページより

適正な温度と湿度

快適な室内の温度・湿度の目安

季節	室内温度	室内湿度
夏	25~28℃	55~65%
冬	18~22℃	45~60%

室温が低いと湿度は上がりにくい

マスクの着用法

- 鼻の両脇やあご、頬のラインに隙間のできないようにする
- 紐のゆるみをなくす
- 子供は子供用のサイズを着用
- 苦しい、慣れたからといって全くつけないのは危険
- つける場所、状況を選ぶ(通勤・通学、買い物)
- 室内では保湿用のマスクの着用も効果がある
つける時にはしっかりつける

運動制限の理由と 適度な運動の必要性

- 呼吸数の増加(吸入量が増加)
- 呼吸の速さの上昇(到達点が深くなる)
- 蒸発量の増加(乾燥のため症状が悪化)
- 外出制限・運動制限のためストレスが増加
- 室内で可能な**軽い運動**
(ヨガや柔軟・ラジオ体操など)
- 大気質指数(AQI)の良い日には**散歩**など

病気の合併に注意

- PM2.5による気道の慢性的な炎症で風邪やインフルエンザに罹りやすく症状が悪化しやすい。
- 予防が大切
- インフルエンザのワクチン接種
70～80%の予防効果 症状の軽減
- 肺炎球菌ワクチンの接種
肺炎の30%程度には予防効果がある
- 手洗い、うがい、舌磨き、マスクの着用
- 咳エチケット(口を背け腕で口を塞いでくしゃみをする)
- 加湿 室温21℃ X 湿度65% X 16時間で99%ウイルスの増殖、感染力を奪うことができる



情報の区分け

- 基準を認知
身体の状態、生活に合わせる → 自分の基準値
特に症状の重い方
- 適切・適時の情報収集
報道、携帯アプリなど → 風速とPM2.5
- 生活の場に即した状況判断と行動
個々の工夫が重要 → マスク、湿度管理、予防接種
外出・運動の制限、会話

ま と め

- 正確な情報の取得(適切・適時)
- 室内環境の維持(温度と湿度)
- 不要不急の外出は避ける
- 外出時のマスク着用、空気清浄機などの使用
- 水分の補給、十分な栄養、睡眠と休養
- 過飲・過食を控える
- 禁煙の実行
- 精神衛生面の自己管理(適度な運動、
社会活動、コミュニケーション)
- 適切に医療機関を受診