

# 大気汚染と呼吸器疾患

虎の門病院 呼吸器センター内科  
岸 一馬

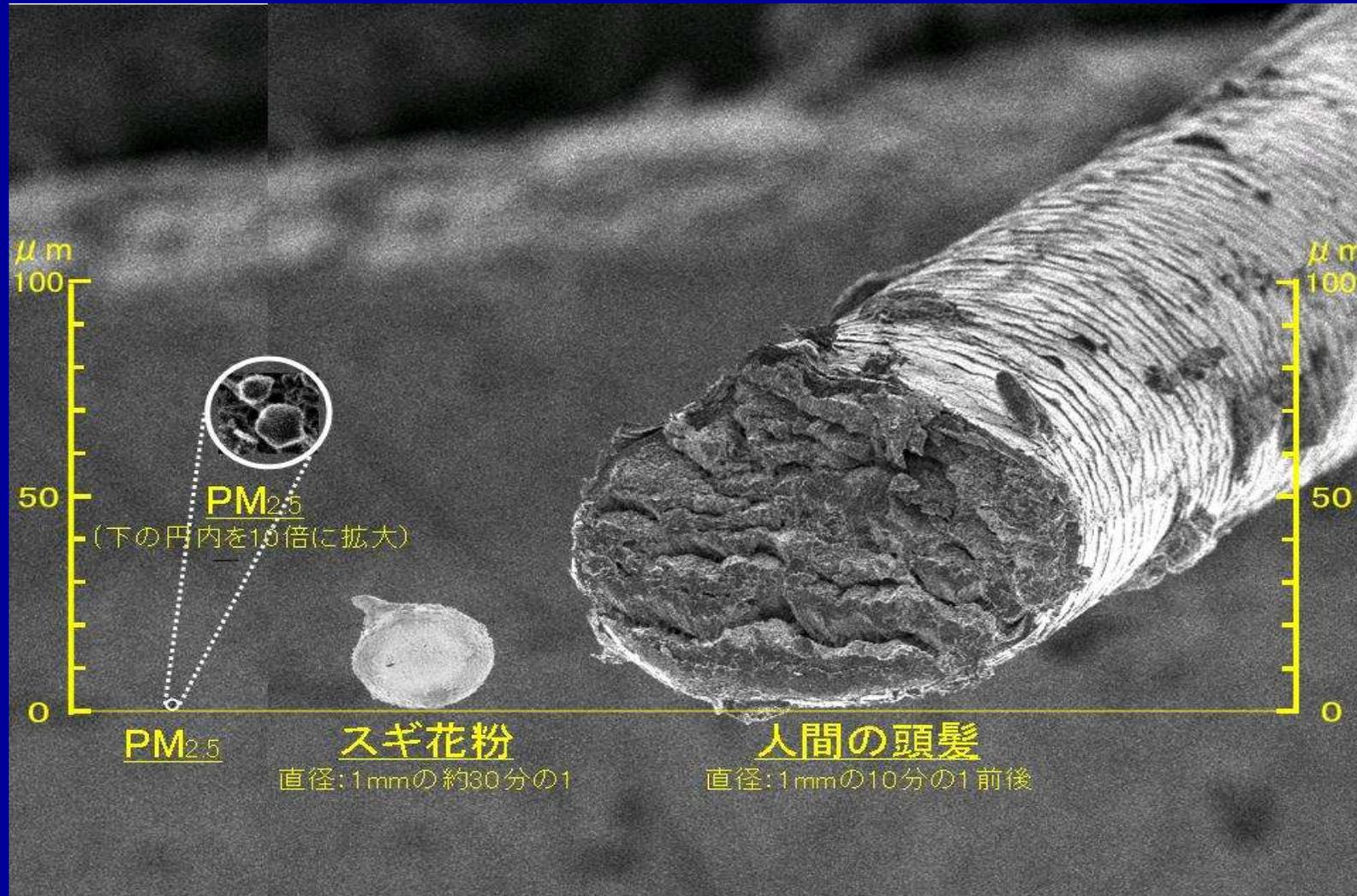
# 大気汚染物質

大気汚染物質	主な発生源	人および環境への影響
二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> )	化石燃料の燃焼 火山ガス	ロンドンスモッグ、四日市喘息 酸性雨
二酸化窒素 (NO <sub>2</sub> )	化石燃料の燃焼 自動車の排気ガス	呼吸器系に影響 酸性雨、光化学オキシダント
一酸化炭素 (CO)	不完全燃焼 自動車の排気ガス	血液中のヘモグロビンと結合して酸素 運搬能を阻害する
オゾン	大気中の光化学反応	光化学スモッグ 粘膜への刺激、呼吸器系に影響
粒子状物質 (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> )	化石燃料の燃焼 自動車の排気ガス	呼吸器系、循環器系疾患、肺がん

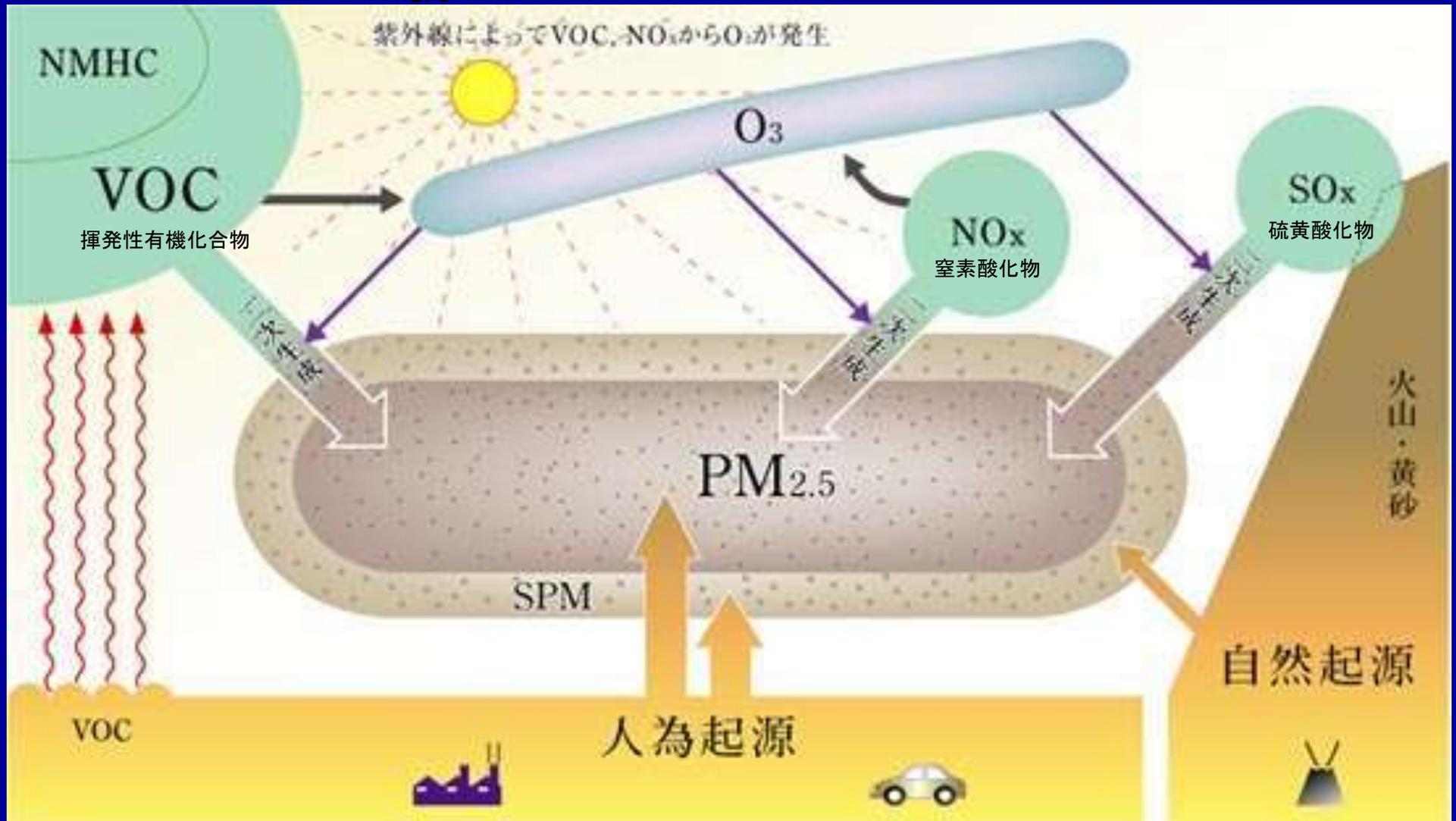
# 微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>)

- PMは**Particulate Matter**の略で、日本語では**粒子状物質**と呼ばれる。PM<sub>2.5</sub>は大気中に浮遊する粒径2.5μm以下の微小粒子状物質のことで、その成分には、炭素、硝酸塩、硫酸塩、アンモニウム塩のほか、ケイ素、ナトリウム、アルミニウムなどの無機元素などが含まれる。
- 発生源から直接排出される**一次粒子**と、大気中での光化学反応等によりガス成分から生成される**二次粒子**に分類される。
- 発生源には、**人為由来** (工場のばい煙、自動車の排気ガス等) と**自然由来** (黄砂、火山等) がある。

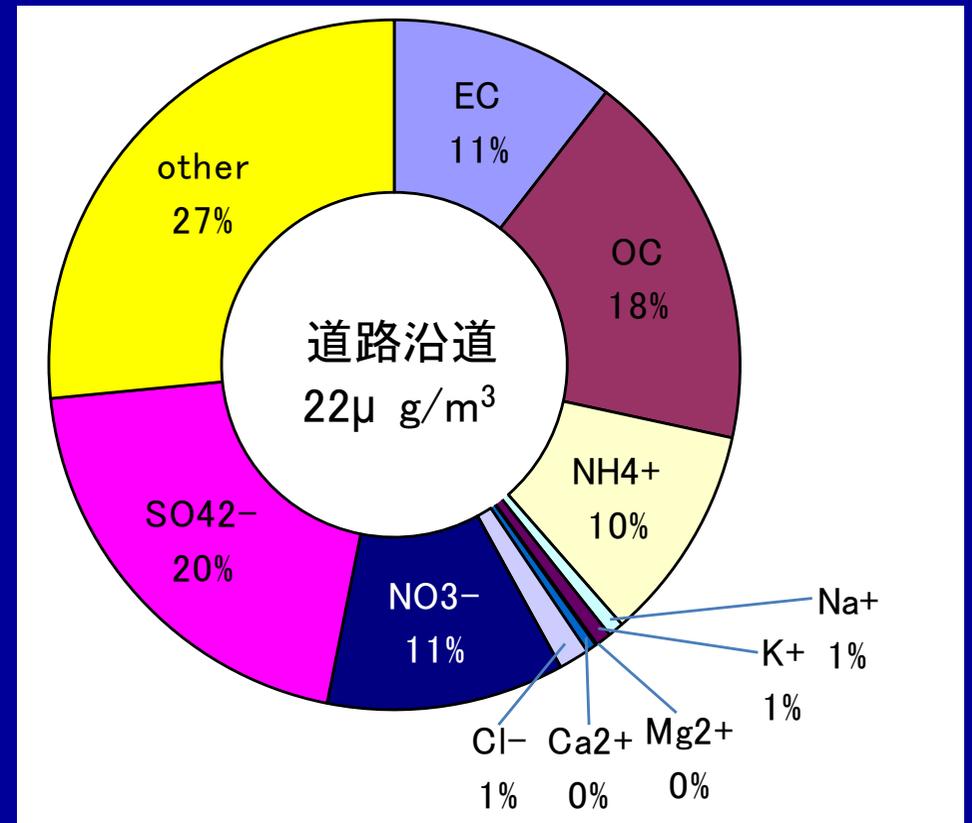
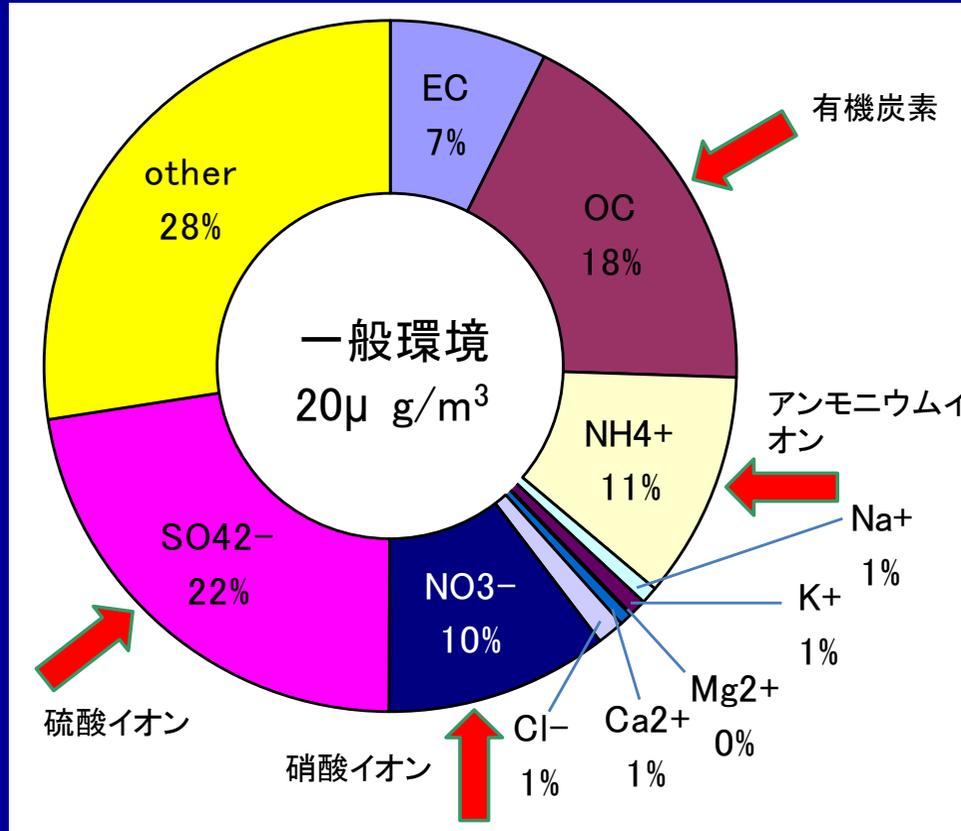
# PM<sub>2.5</sub>の大きさ



# PM<sub>2.5</sub>の生成メカニズム



# PM<sub>2.5</sub>の成分



# 自動車排気ガス



ネパール、カトマンズ

インド、コルカタ



交通関連大気汚染

# 発電所や工場からの煙



SPM

PM<sub>2.5</sub>

ディーゼル粒子

石油燃焼・廃棄物焼却

花粉

バクテリア

土壌

タバコの煙

海塩粒子

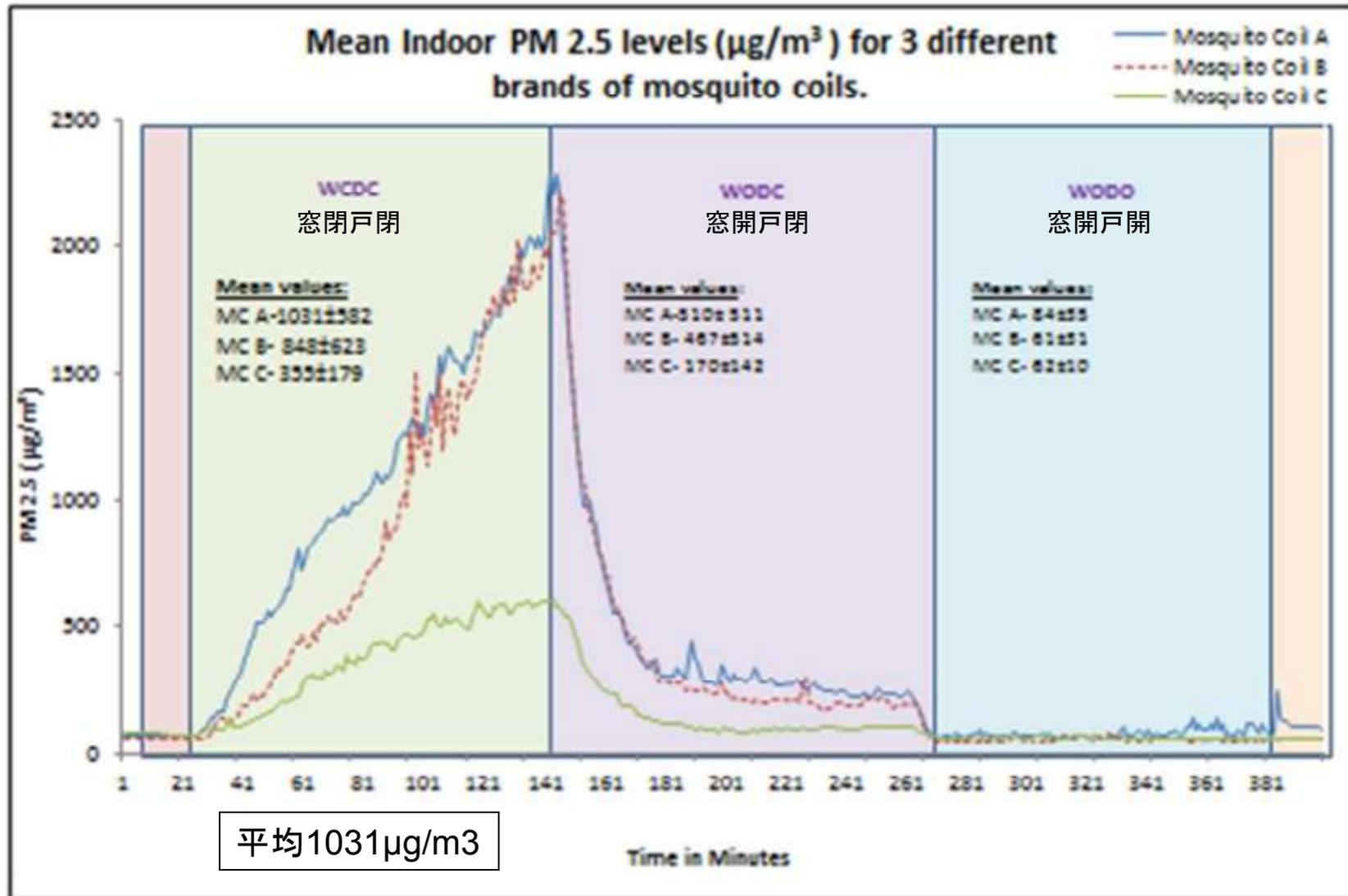
1  $\mu\text{m}$  (マイクロ)  
= 0.001 mm (ミリ)

0 5 10 15 20  
粒径 ( $\mu\text{m}$ )

# 蚊取り線香



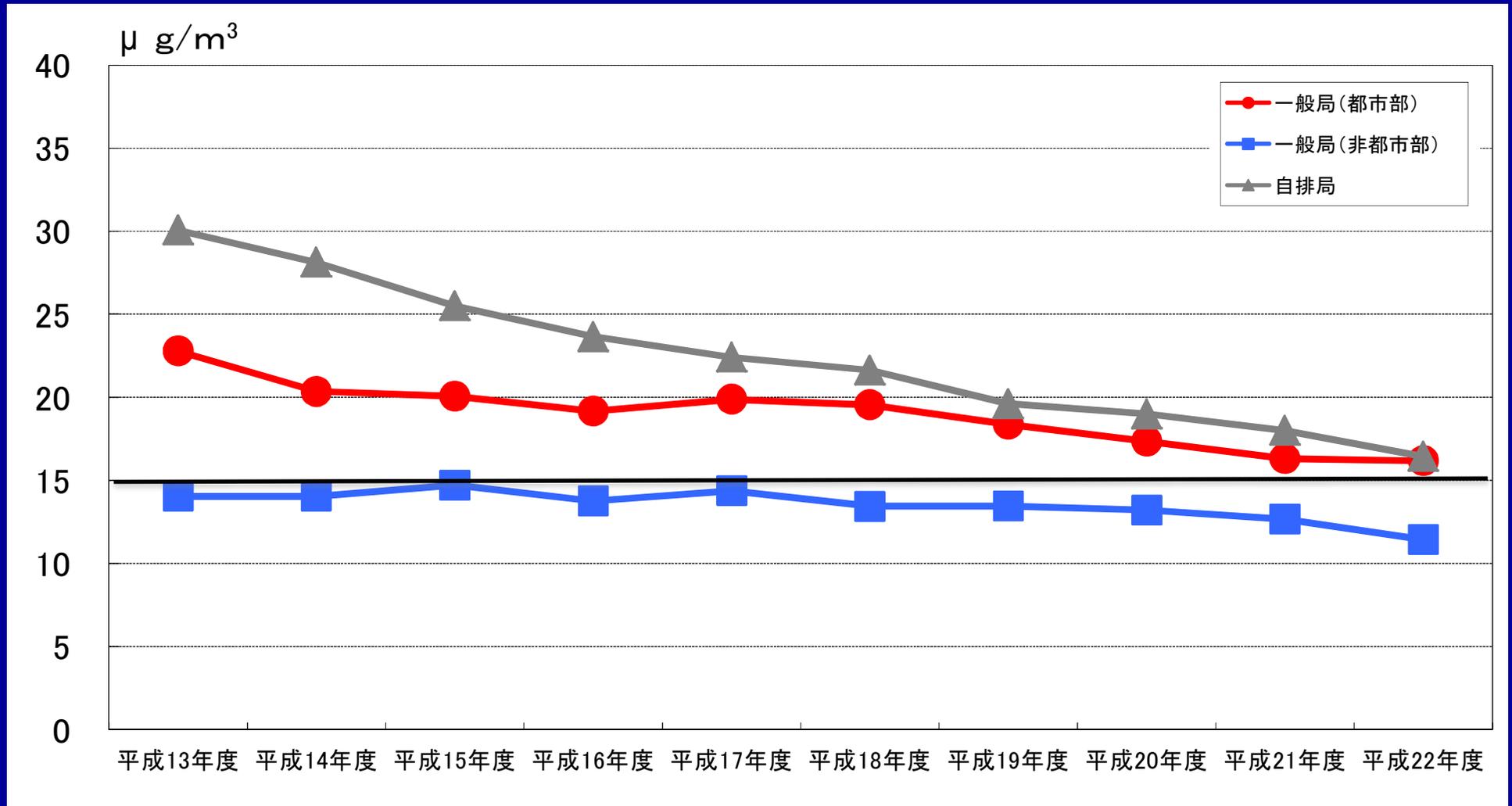
# 蚊取り線香中の室内PM<sub>2.5</sub>濃度



# PM<sub>2.5</sub>環境基準

	年平均値	1日平均値
日本	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
WHO	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

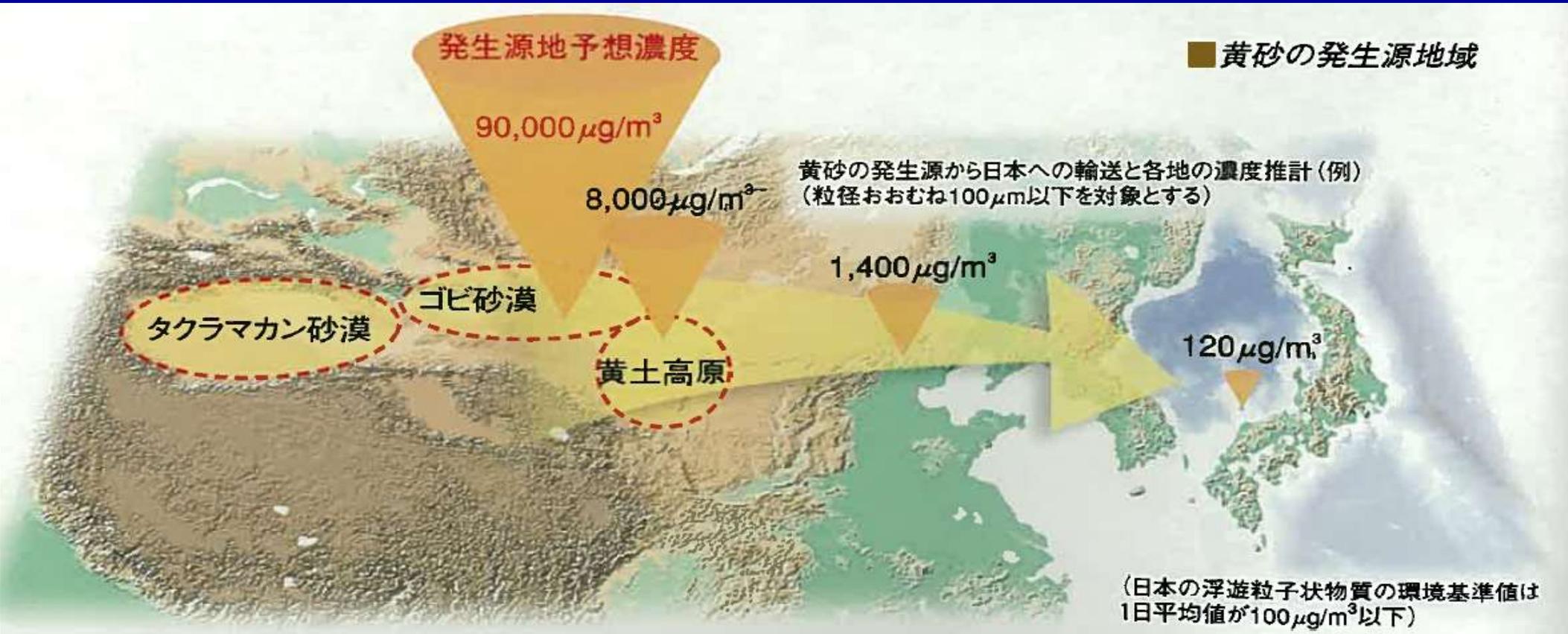
# PM<sub>2.5</sub>濃度の年平均値の経年変化



出典:環境省平成22年度微小粒子状物質等曝露影響実測調査結果に一部データを追加



# 黄砂



黄砂は、中国大陸内陸部のタクラマカン砂漠、ゴビ砂漠や黄土高原など乾燥・半乾燥地域で、風邪によって数千メートルの高度に巻き上げられた土壌・鉱物粒子が偏西風に乗って日本に飛来し、大気中に浮遊あるいは降下する減少です。

# 注意喚起のための暫定的な指針

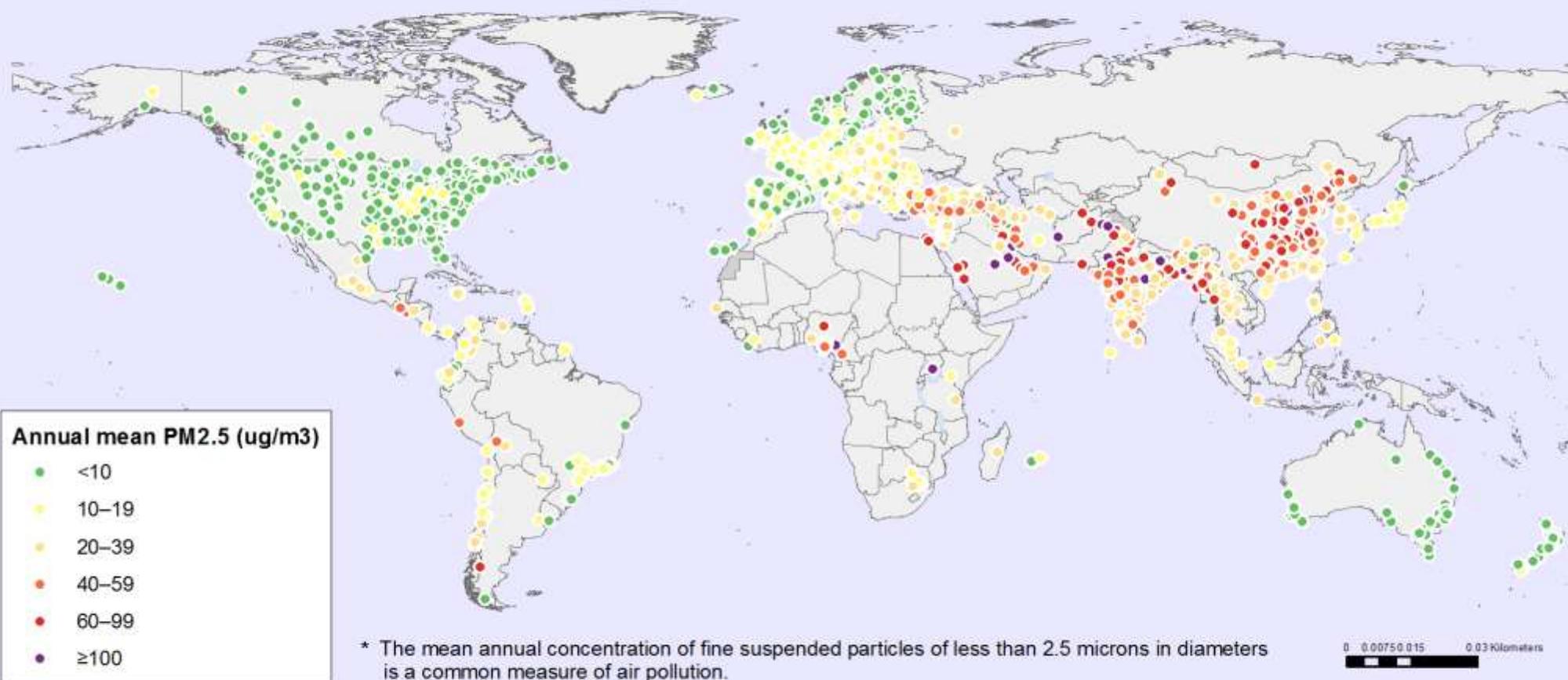
レベル	暫定的な指針となる値	行動の目安	備考
	日平均値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		1 時間値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ※3
II	70 超	不要不急の外出や屋外での長時間の激しい運動をできるだけ減らす。(高感受性者 ※2 においては、体調に応じて、より慎重に行動することが望まれる。)	85 超
I	70 以下	特に行動を制約する必要はないが、高感受性者では健康への影響がみられる可能性があるため、体調の変化に注意する。	85 以下
(環境基準)	35 以下 ※1		

- ※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。  
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早めの時間帯に判断するための値。

# 大気質指数 (AQI)

AQI	PM <sub>2.5</sub> 濃度 日平均 (µg/m <sup>3</sup> )	評価	健康アドバイス(米国環境保護庁による)
0-50 (緑)	0-12.0	Good	通常の活動が可能
51-100 (黄色)	12.1-35.4	Moderate	特に敏感な者は、長時間又は激しい屋外活動の減少を検討。
101-150 (橙)	35.5-55.4	Unhealthy for Sensitive Groups	心臓・肺疾患患者、高齢者及び子供は、長時間又は激しい屋外活動を減少。
151-200 (赤)	55.5-150.4	Unhealthy	上記の者は、長時間又は激しい屋外活動を中止。 すべての者は、長時間又は激しい屋外活動を減少。
201-300 (紫)	150.5-250.4	Very Unhealthy	上記の者は、すべての屋外活動を中止。 すべての者は、長時間又は激しい屋外活動を中止。
301-500 (赤褐色)	250.5-500	Hazardous	

## Concentration of particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5 $\mu\text{m}$ or less (PM<sub>2.5</sub>) in nearly 3000 urban areas\*, 2008–2015



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization  
Map Production: Information Evidence  
and Research (IER)  
World Health Organization



© WHO 2016. All rights reserved.

# 深刻なアジアの大気汚染



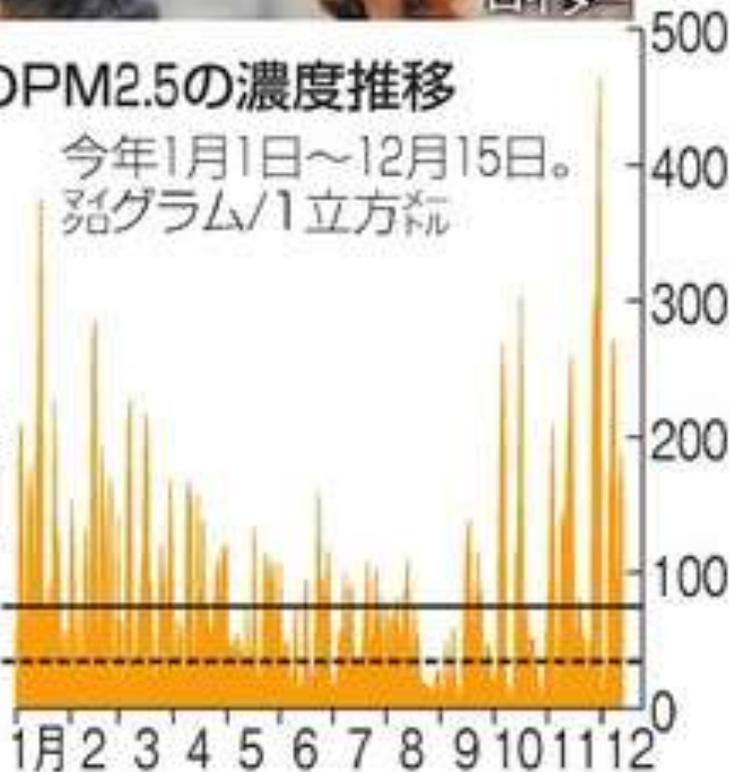
回イター

## ■北京のPM2.5の濃度推移

今年1月1日～12月15日。  
35グラム/1立方メートル

環境基準  
1日平均

中国75  
日本35



## ■今年と2014年のPM2.5の平均濃度

日本の環境省のホームページから(在中米  
国大使館調べ)。今年は1月1日～12月15  
日、14年は通年。35グラム/1立方メートル

# インド PM2.5対策躍起



ニューデリーにあるバスターミナル近くの道路は18日、大気汚染でかすんでいた。18時

首都、世界最悪

車通行量・販売を制限

## 市民、年1～3万人死亡報告

### ■主な都市のPM2.5の年間平均濃度

ニューデリー	153
アブダビ	64
北京	56
ソウル	22
バンコク	20
ベルリン	20
ロンドン	16
ニューヨーク	14
東京(千代田区)	10

WHOの2014年の統計から。単位は35グラム/1立方メートル

大気汚染が「世界最悪」の都市は？ 世界保健機関（WHO）によると、答えは、北京ではなくインドの首都ニューデリーだ。当局や裁判所が今年、マイカーの通行規制などを相次いで打ち出した。環境の専門家は歓迎するが、「性急すぎる」と批判も上がる。

「故郷の村に住んでいた頃は、何ともなかった。ここは空気が悪すぎる。」

旅行会社に勤めるラムニクス・シャルマさん(28)は、西部ラジャスタン州出身。3年前からニューデリーで暮らす。昨年からはせき止まらなくなり、呼吸器科クリニックに通う。

クリニックのアミターブ・セングプタ医師(50)によると、患者の数は5年で約2倍に増え、11～2月の間に、

「故郷の村に住んでいた頃は、何ともなかった。ここは空気が悪すぎる。」

旅行会社に勤めるラムニクス・シャルマさん(28)は、西部ラジャスタン州出身。3年前からニューデリーで暮らす。昨年からはせき止まらなくなり、呼吸器科クリニックに通う。

クリニックのアミターブ・セングプタ医師(50)によると、患者の数は5年で約2倍に増え、11～2月の間に、

「故郷の村に住んでいた頃は、何ともなかった。ここは空気が悪すぎる。」

旅行会社に勤めるラムニクス・シャルマさん(28)は、西部ラジャスタン州出身。3年前からニューデリーで暮らす。昨年からはせき止まらなくなり、呼吸器科クリニックに通う。

クリニックのアミターブ・セングプタ医師(50)によると、患者の数は5年で約2倍に増え、11～2月の間に、

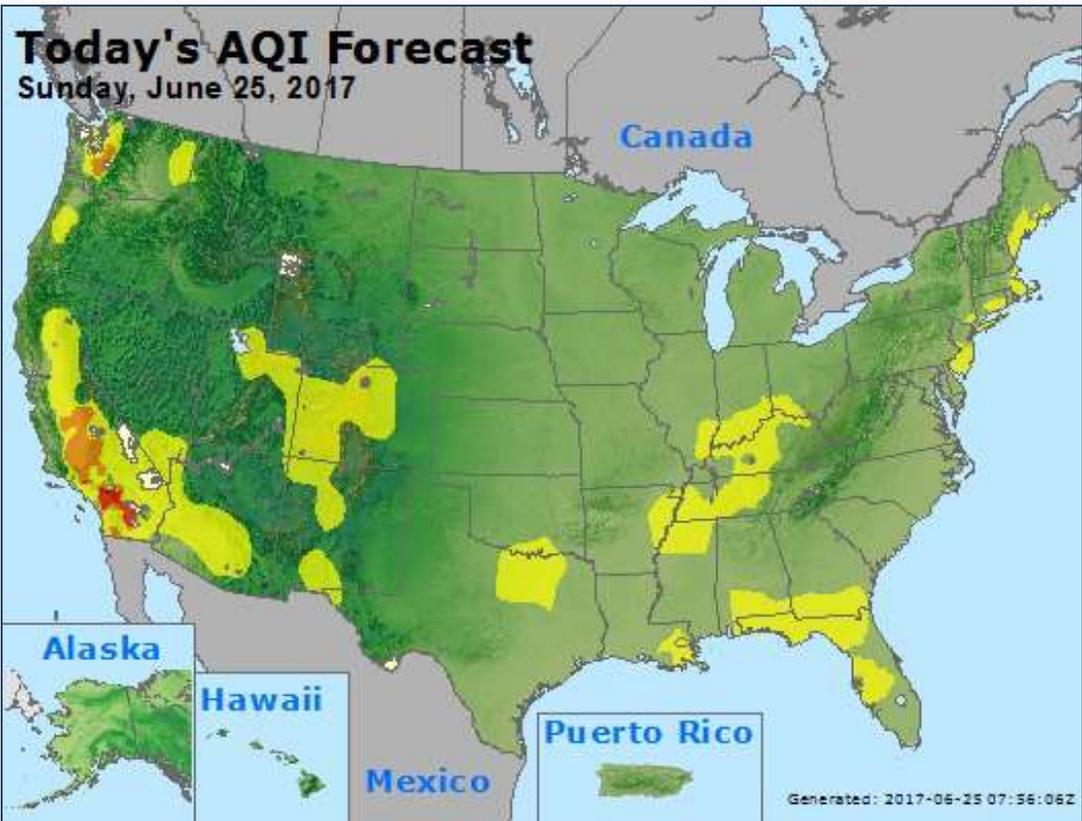


 Go

### Local Air Quality Conditions

Zip Code:  GoState :  Go[My Current Location](#)

- Forecast
- Current AQI
- AQI Loop
- More Maps



### Fires: Current Conditions

[Click to see map](#)

#### U.S. Embassies and Consulates

Data from air quality monitors at select U.S. embassies and consulates around the world

### Announcements

6/15/17: National Air Quality Conference, September 11 - 13, 2017. [Registration Now Open and Call for Presentations](#)

6/7/17: 2017 Air Quality Flag Program Spring Challenge Winners. [More](#)

[more announcements](#)

### Air Quality Basics

[Air Quality Index](#) | [Ozone](#) | [Particle Pollution](#) | [Smoke from fires](#) | [What You Can Do](#)

- ▶ Health
- ▶ Learning Center

- Good
- Moderate
- USG
- Unhealthy
- Very Unhealthy
- Hazardous

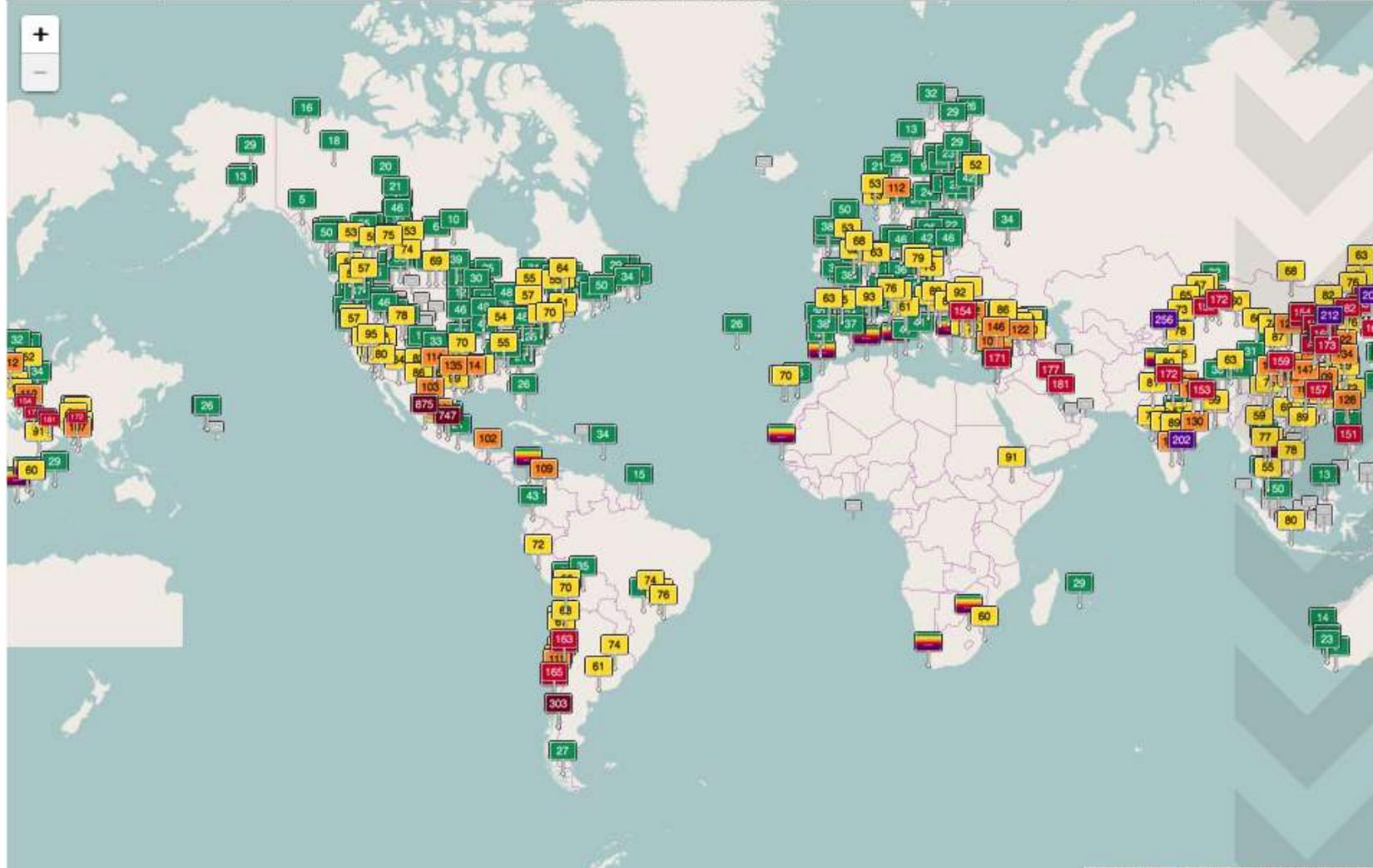
! Action Day



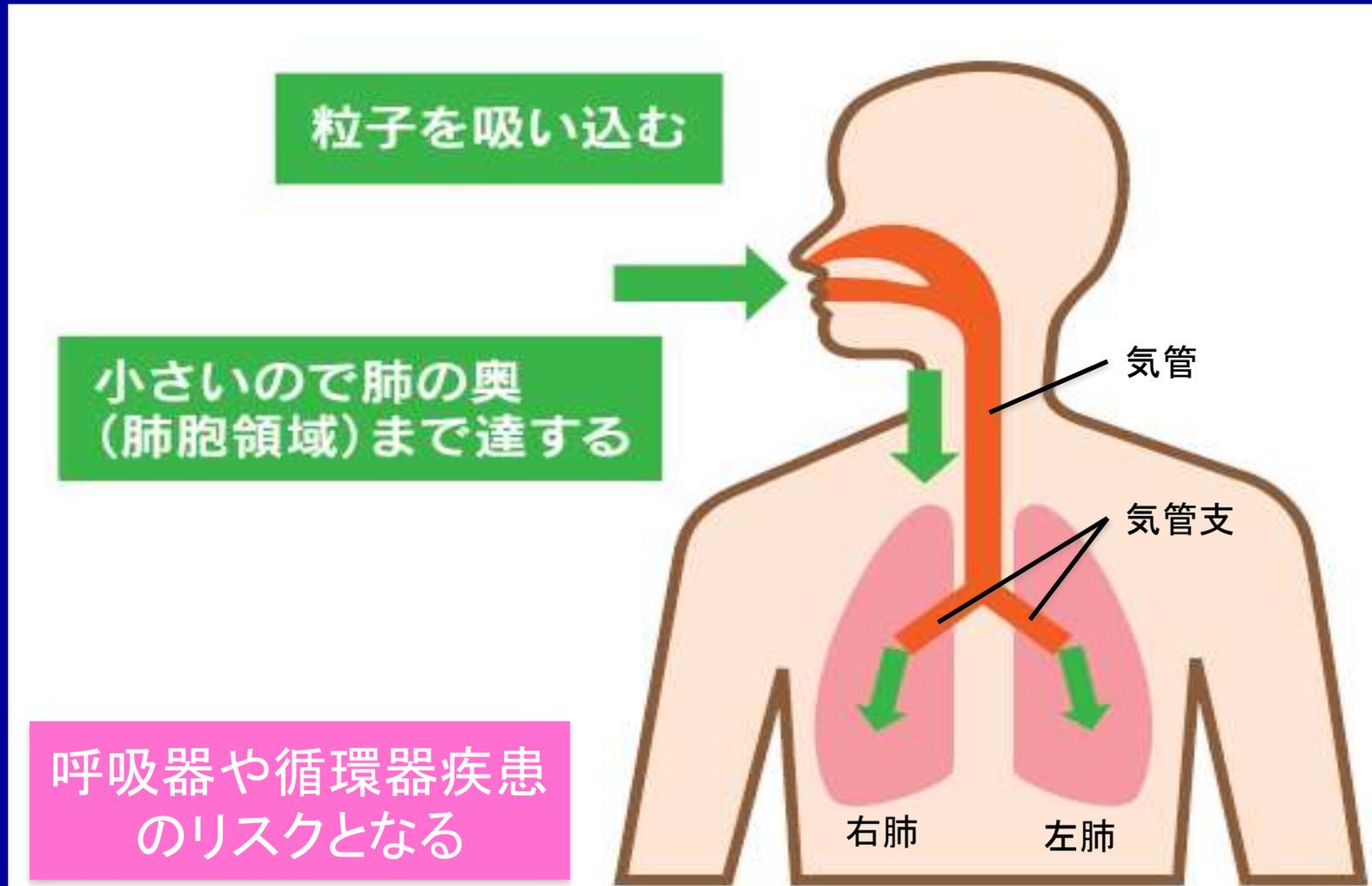
EnviroFlash Email

# Air Pollution in World: Real-time Air Quality Index Visual Map

World	Asia	Europe	North America	South America	Africa	Australia	Middle East	India	China
-------	------	--------	---------------	---------------	--------	-----------	-------------	-------	-------



# PM<sub>2.5</sub>の健康への影響

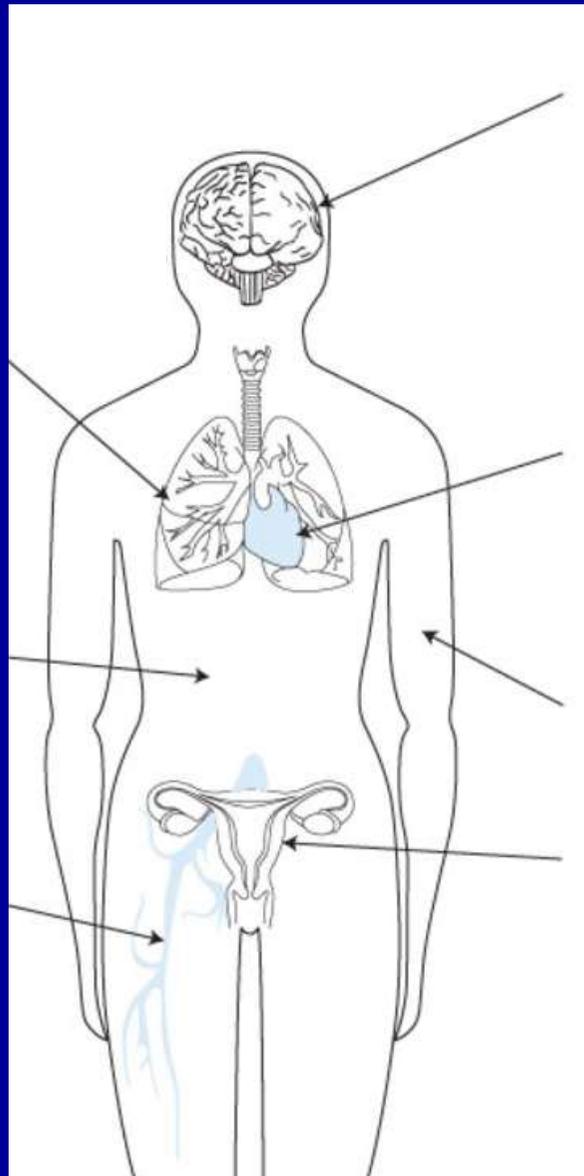


# 大気汚染と関連する病気、状態

呼吸器疾患の罹患率と死亡率  
肺癌  
肺炎

糖尿病

高血圧  
深部静脈血栓症

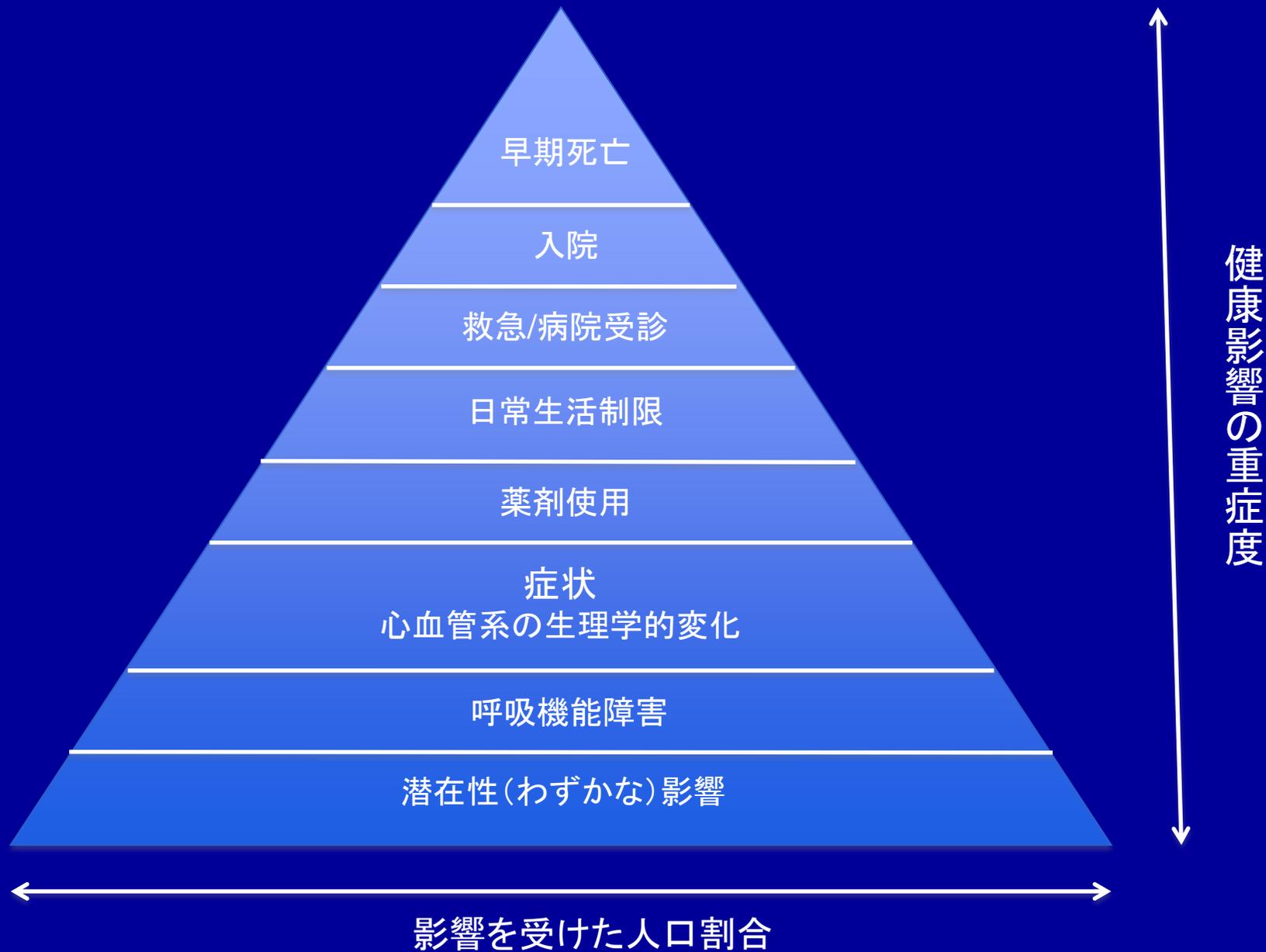


脳卒中  
神経変形疾患

心筋梗塞の罹患率と死亡率  
心筋梗塞  
不整脈  
うっ血性心不全

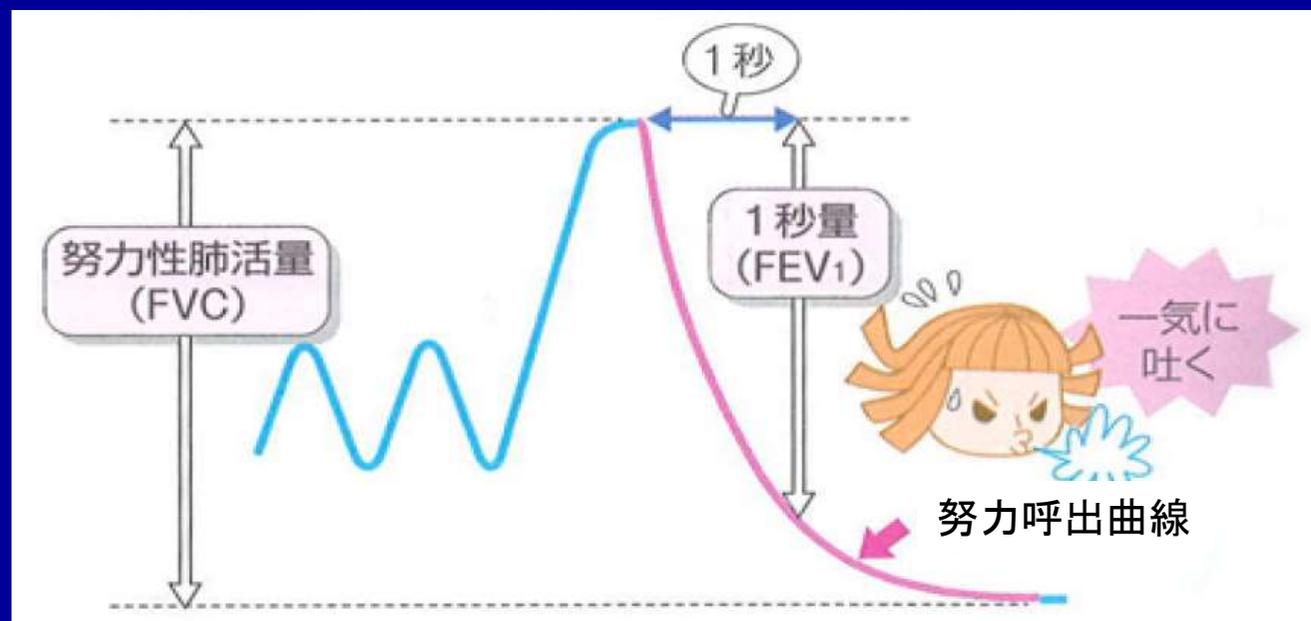
早産  
低体重児出産

# 大気汚染に関連した健康影響のピラミッド



# 呼吸機能検査：スパイロメトリー

口から吐き出すガスの量を測定して肺活量や1秒量を決める検査



# 健常者での症状

- 目、鼻、喉の刺激症状
- 咳
- 痰
- 胸部違和感
- 息切れ

# 特に注意が必要な方

- 高齢者
- 小児
- 持病のある方
  - 呼吸器疾患、循環器疾患など
- 妊婦
- 敏感な方(アレルギーのある方)
- 喫煙者

## 子どもへの影響

- 外で過ごす時間が長く、運動量が多い
- 体重当たりの呼吸量が大人より多い
- 呼吸器が発達途中である
- 喘息発症の割合が高い

# 大気汚染物質曝露の影響

## 短期曝露影響

数時間～数日間  
急性の影響  
(喘息発作、心筋梗塞など)

## 長期曝露影響

数カ月以上  
慢性の影響  
(がん、動脈硬化など)

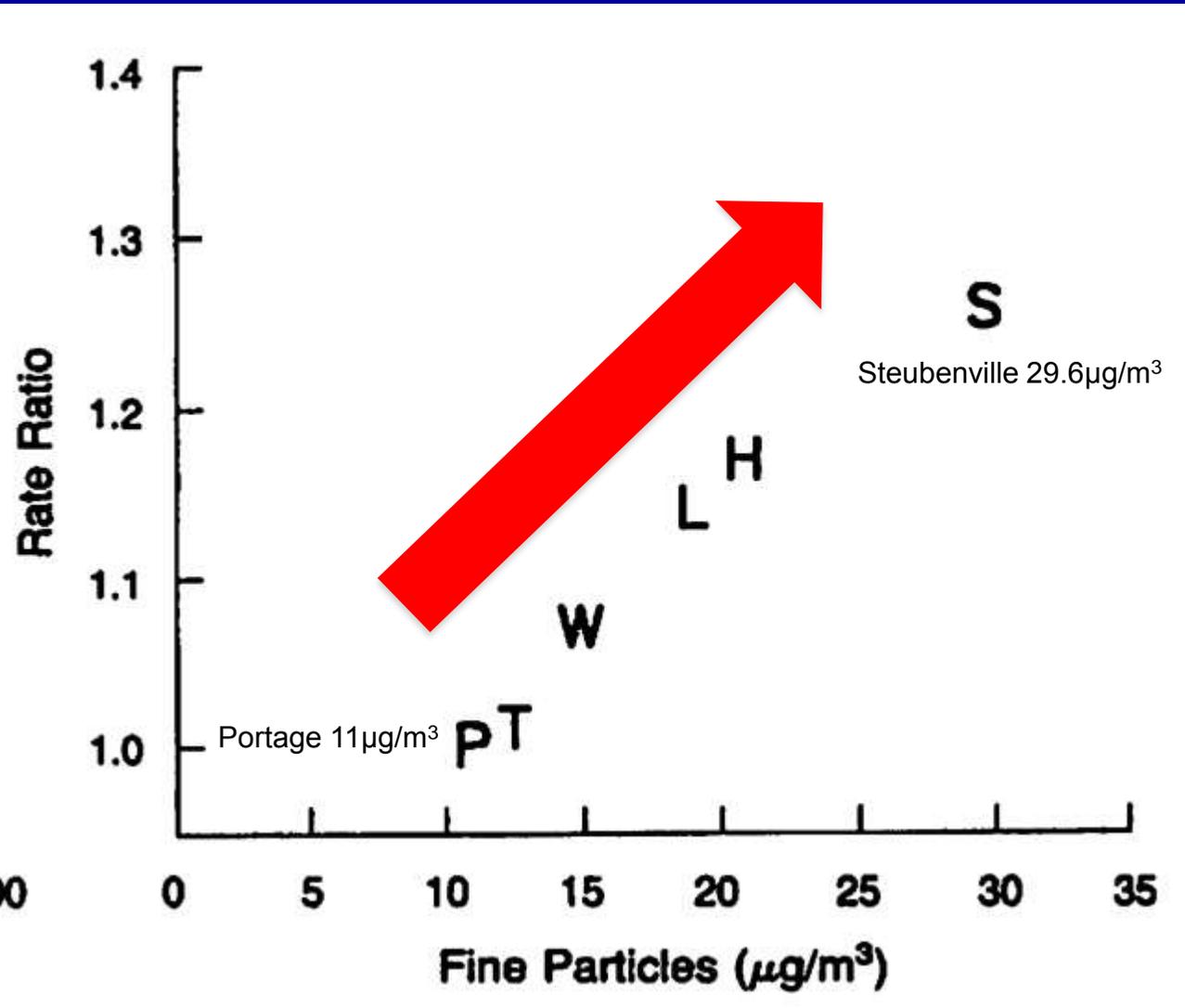
# 短期曝露影響

- 日死亡
- 呼吸器系、心血管系疾患による入院、救急受診、外来受診
- 呼吸器系、心血管系の医薬品の使用
- 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)

# 長期曝露影響

- 心血管系、呼吸器疾患による死亡
- 慢性呼吸器疾患の罹患および有病（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、子宮内発育遅延など）

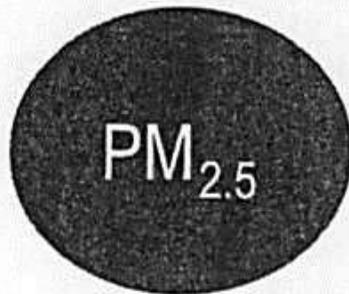
# ハーバード6都市研究



- 米国東部6都市
- 白人約8111人
- 1974年以降14~16年間
- $\text{PM}_{2.5}$ 濃度と総死亡、心肺疾患死亡との間に正の関連あり

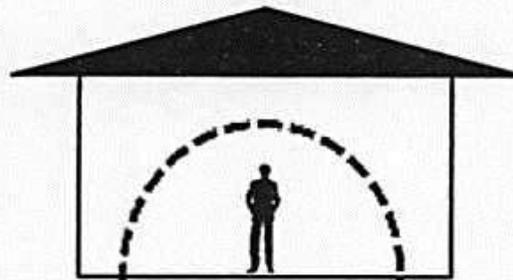
# PM<sub>2.5</sub>の健康影響に関わる因子

物性



大気中濃度  
化学組成 等

曝露



生活様式  
住居構造 等

体の状態



疾病構造  
身体・生理状態



風土、文化、産業、食生活...

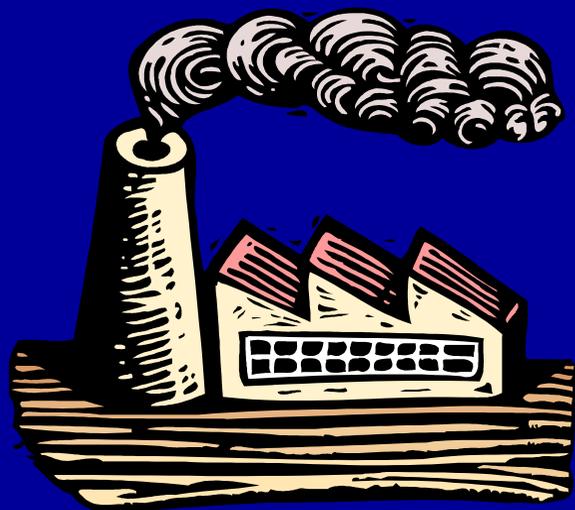


# 大気汚染の呼吸器への影響

- 呼吸器死亡率の増加
- 肺癌の発生率の増加
- 気管支喘息、慢性閉塞性肺疾患の発生率、有病率または増悪の頻度の増加
- 上下気道感染症の発生率または重症度の増加
- QOLに影響する呼吸器症状(咳、痰、喘鳴、呼吸困難、鼻汁)の増加
- 呼吸器障害に導く早産、低体重児出産または成長制限の発生率の増加
- 小児の呼吸機能の成長の減少
- 健常な大人の症状を伴う呼吸機能の一時的な減少
- 特に感受性の高い人の症状を伴わない呼吸機能の一時的な減少
- 呼吸機能の持続するまたは慢性の減少

# 大気汚染と喘息の関係

硫黄化合物



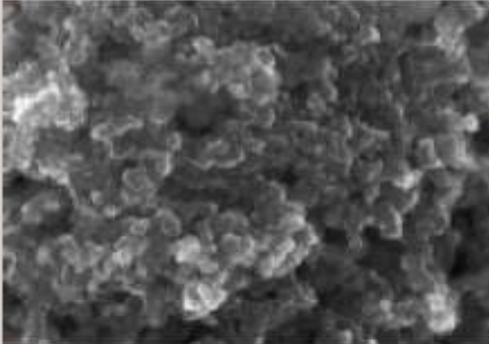
工場の煙  
(四日市喘息)

ディーゼル排気微粒子

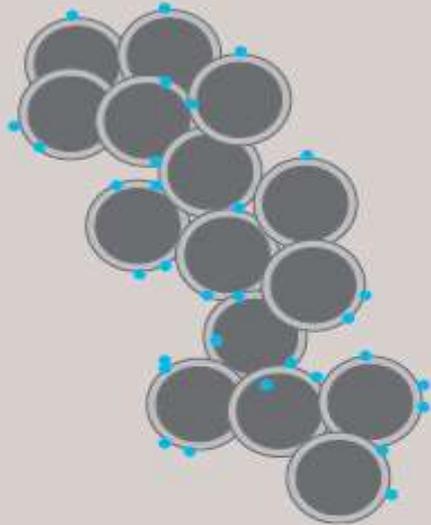


車の排気ガス

# ディーゼル排気微粒子



DEPの電子顕微鏡写真



- 元素状炭素粒子
- 元素状炭素粒子に吸着した有機化学物質  
主に燃料やエンジンオイル成分やその酸化物や窒素化合物など
- 主に硫酸塩とその水和物など

DEP粒子の模型

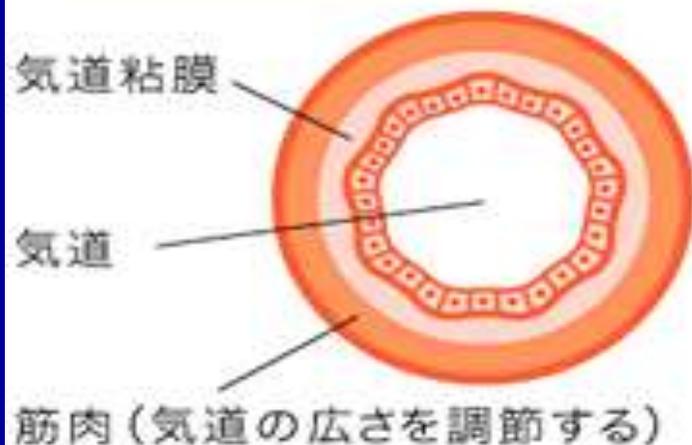
排気され浮遊している状態では粒子同士がくっついて、上の模式図のようにブドウの房状になっている。

燃料の不完全燃焼に由来する粒子を核とし、その周りにエンジンオイル、未燃や生体に刺激を与えるようなホルムアルデヒドなどの酸化物や窒素化合物などの有機成分や硫酸塩や硝酸塩などが付着したもの

# 喘息とは？

喘息は**気道の炎症**で気管支が狭くなって、呼吸が苦しくなる病気です。

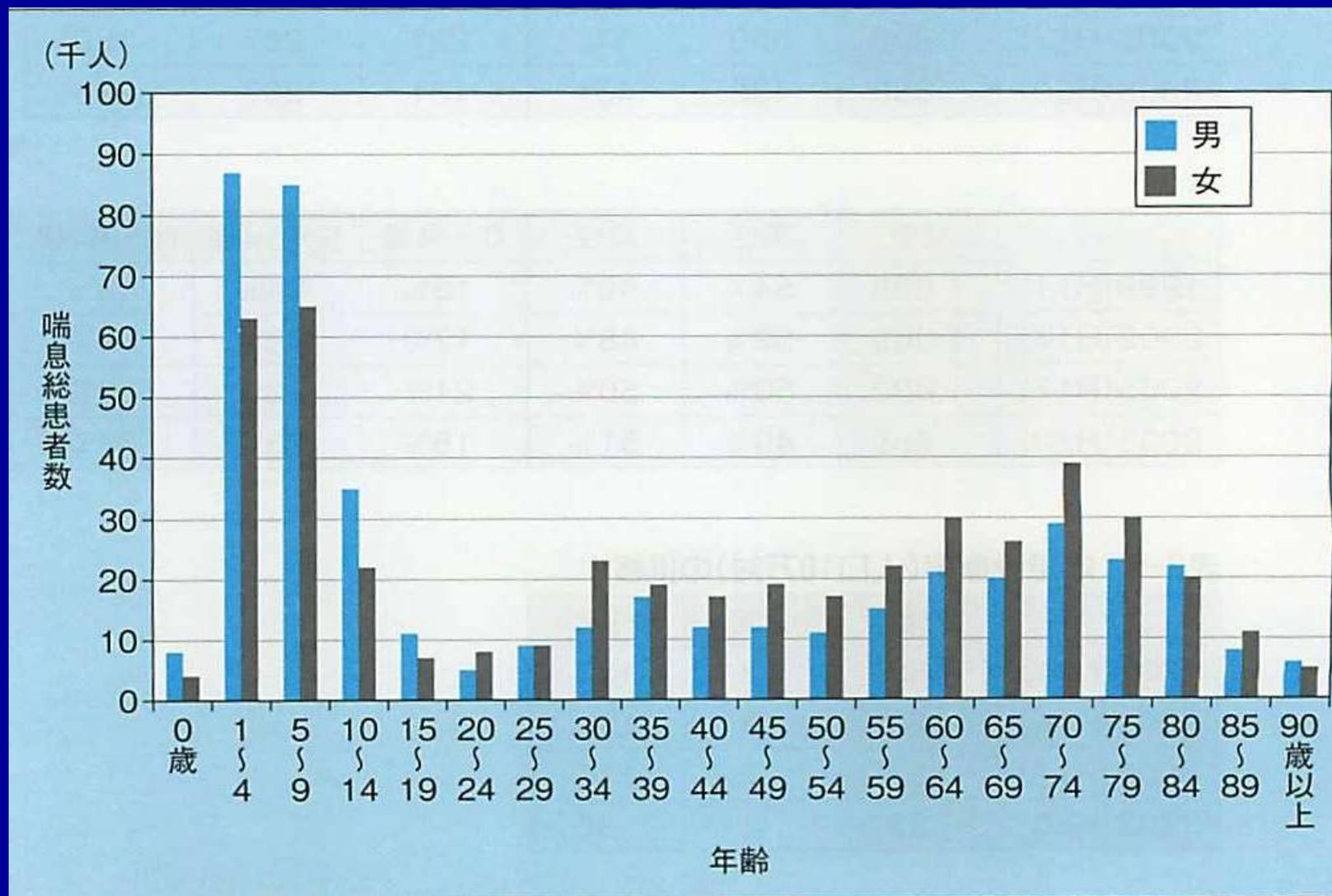
正常な気道の断面



ぜんそくの患者さんの気道の断面



# 年齢層別および患者層別に見た喘息患者総数



# 喘息の症状

咳き込む  
痰がからむ



呼吸時にゼーゼー  
ヒューヒューと音が出る  
(喘鳴; ぜんめい)



走ったり運動した後、  
息苦しい



息苦しい  
(呼吸困難)



咳などの症状で  
目が覚める

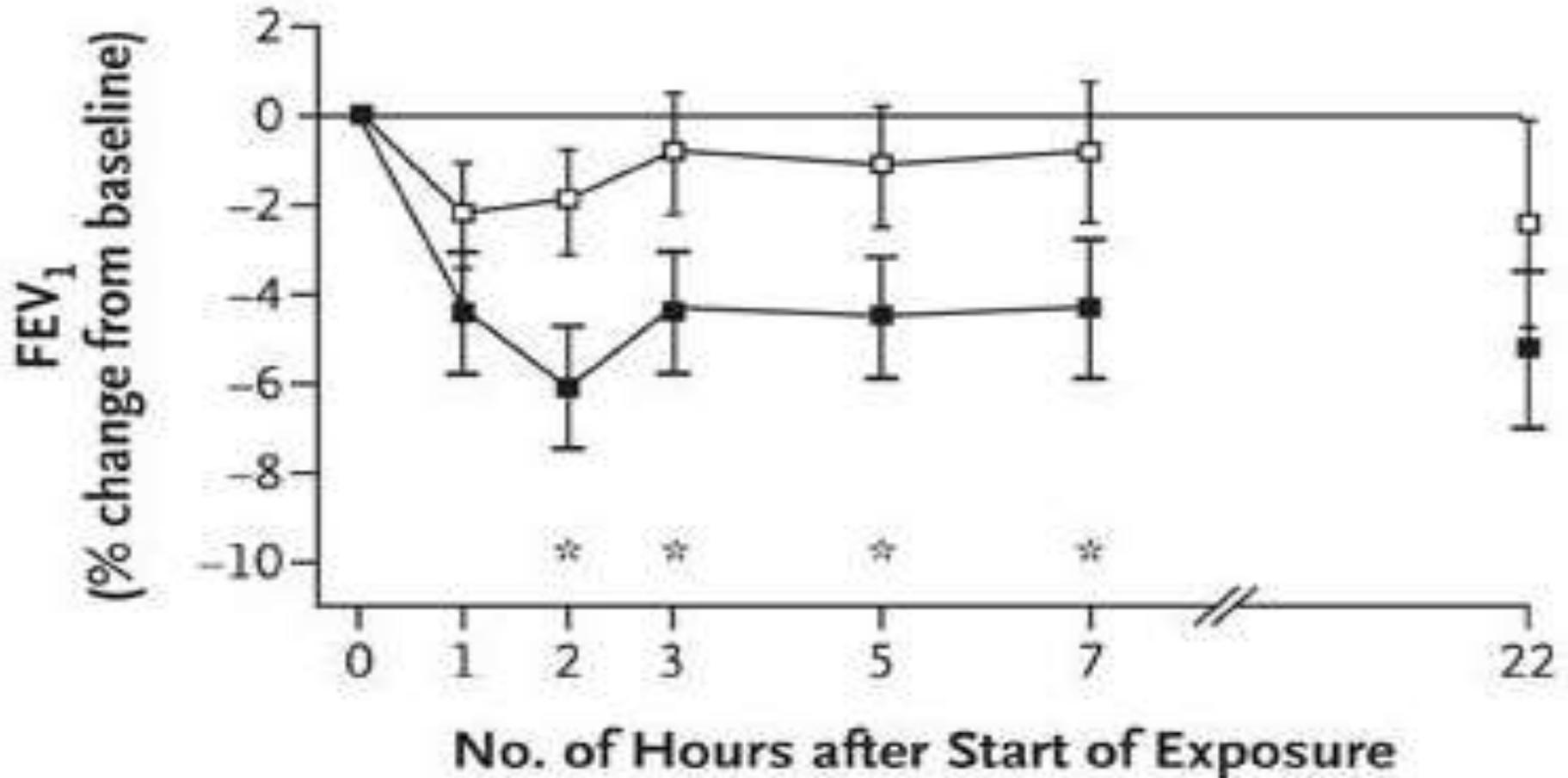


# 喘息の危険因子：喘息発作の誘発因子

1. 呼吸器感染症
2. アレルゲン
3. 運動ならびに過換気
4. 気象
5. 薬物
6. 食品・添加物
7. アルコール
8. 刺激物質(煙、臭気、水蒸気など)
9. 二酸化硫黄、黄砂
10. 感情変化とストレス、過労
11. 月経



# 喘息患者に対するオクスフォード通りとハイドパークの大気汚染の影響



# 喘息の治療

種類		内容
日常管理	環境整備	ダニ、ホコリ、カビなど発作の誘因を少なくする
	生活管理	かぜをひかないように注意し、疲労をためないようにする
	精神的コントロール	ストレスを避け、明るくすごす
薬物療法		気道の炎症を抑えるため、主に吸入ステロイド薬による治療を行う

Chronic  
Obstructive  
Pulmonary  
Disease

慢性  
閉塞性  
肺  
疾患

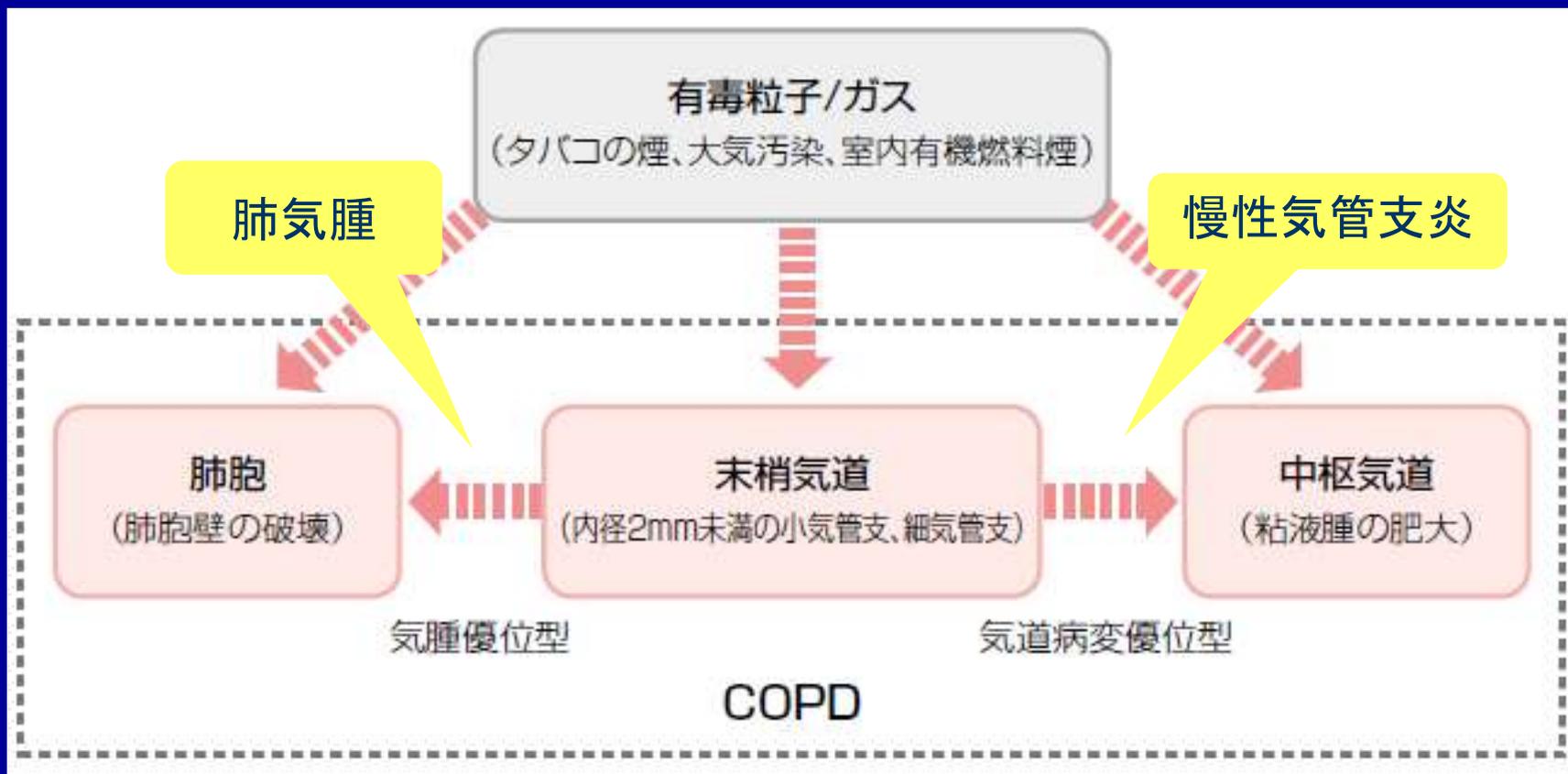
# COPD

肺氣腫

慢性氣管支炎

# COPDとは？

タバコ煙を主とする有害物質を長期に吸入曝露することで生じた肺の炎症性疾患である。徐々に生じる体動時の呼吸困難や慢性の咳、痰を特徴とする。



# 忍び寄る病～COPDの脅威～



若いころから50年以上たばこを吸っていた。  
体の異変に気付いたのは10年ほど前。  
最初は、風邪に似た症状でした。



広州呼吸疾病研究所 鍾南山所長  
「PM2.5の濃度が高まると、外来患者が増えたり入院患者の症状が悪化します。大気汚染がCOPDに関連していることは明らかです。」

# 推計患者数と治療患者数



95%以上が未診断または他の疾患と誤って診断されている。

治療患者数 **21万2千人**  
(厚生労働省人口動態統計 1999年)

推計患者数 **約530万人**  
(NICE study 2001年)

※NICE study(Nippon COPD Epidemiology study)  
全国18都道府県の35施設で2000年4月から2001年1月に40歳以上の成人、2,666人を対象に実施

遺伝素因

喫煙

受動喫煙

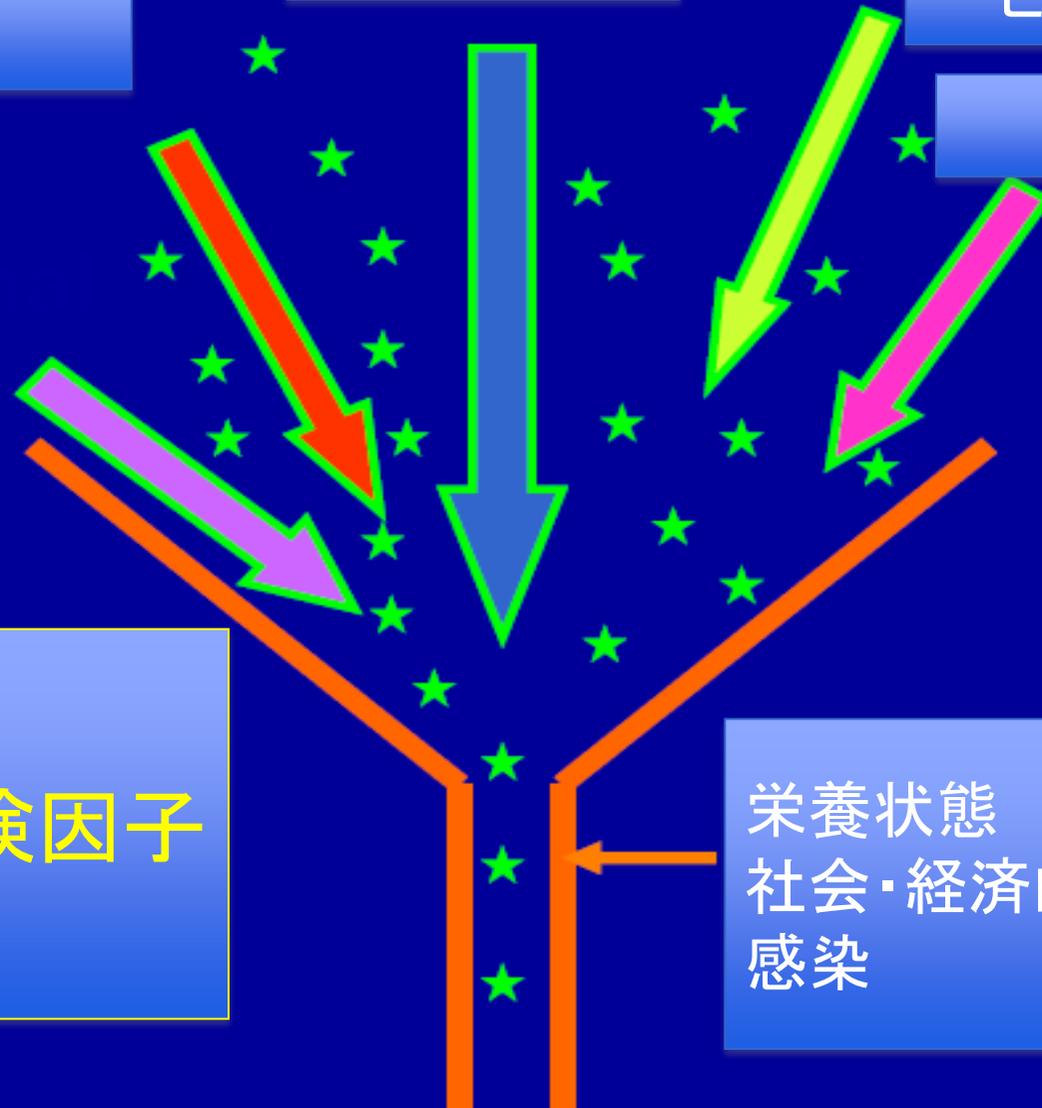
ヒューム/ガス

大気汚染

室内空気汚染

COPDの危険因子

栄養状態  
社会・経済的状態  
感染



たばこを吸っていない人の肺



たばこを1日20本、40年吸った人の肺



# COPDの症状

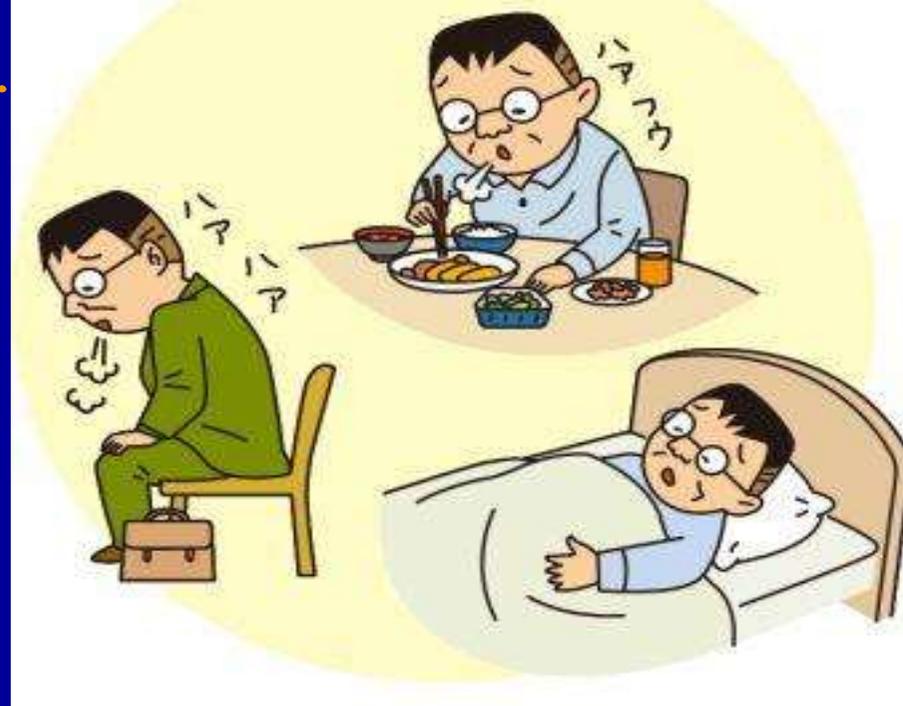
軽症～中等症



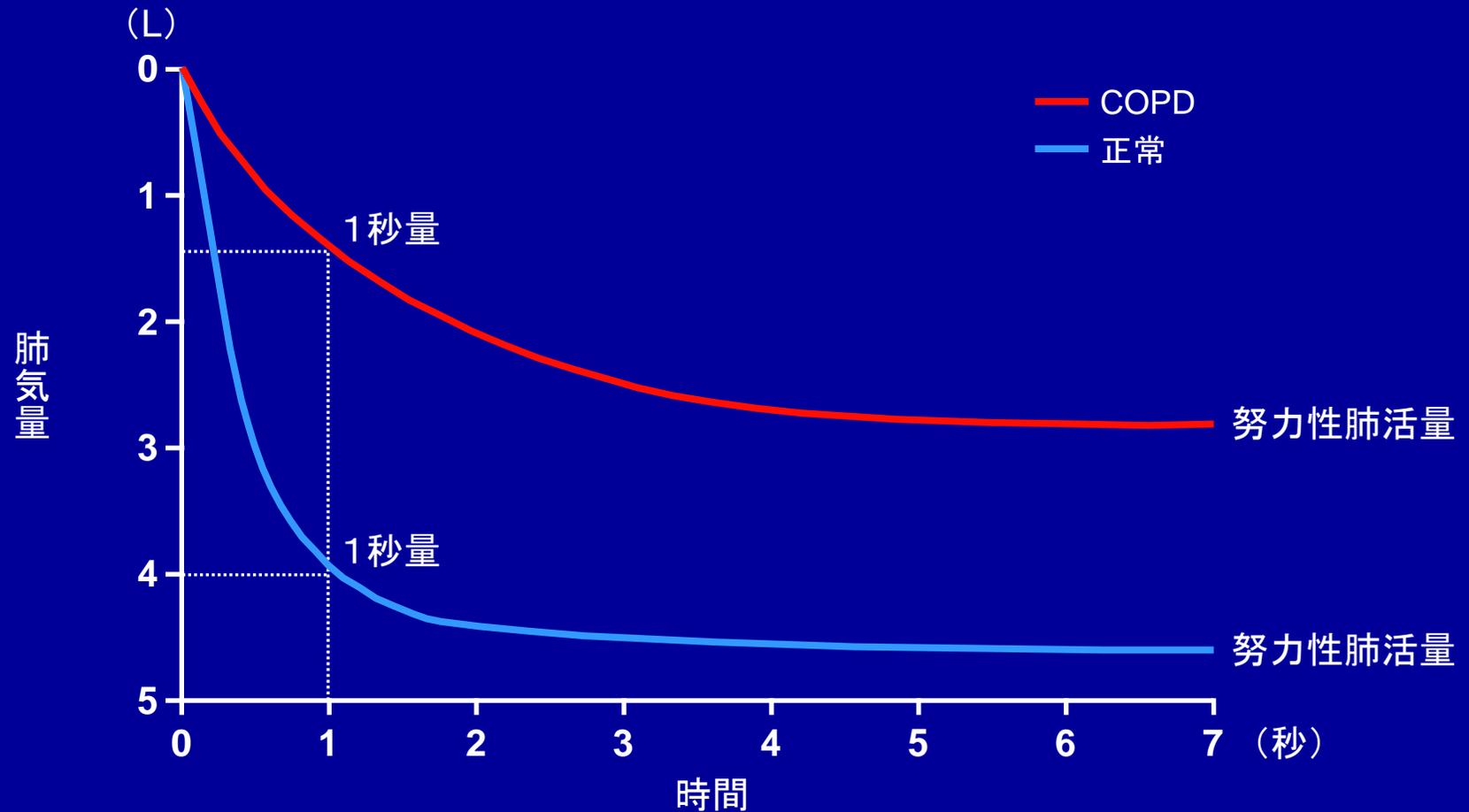
放っておくと…



重症・最重症



# 呼吸機能検査



FEV<sub>1</sub>(1秒量) FVC(努力性肺活量)

# 画像検査



# COPDの増悪

- 呼吸困難、咳、喀痰などの症状が日常の変動を超えて急激に悪化し、治療を要する状態をいう。
- 増悪の原因としては、**呼吸器感染症と大気汚染**が多い。

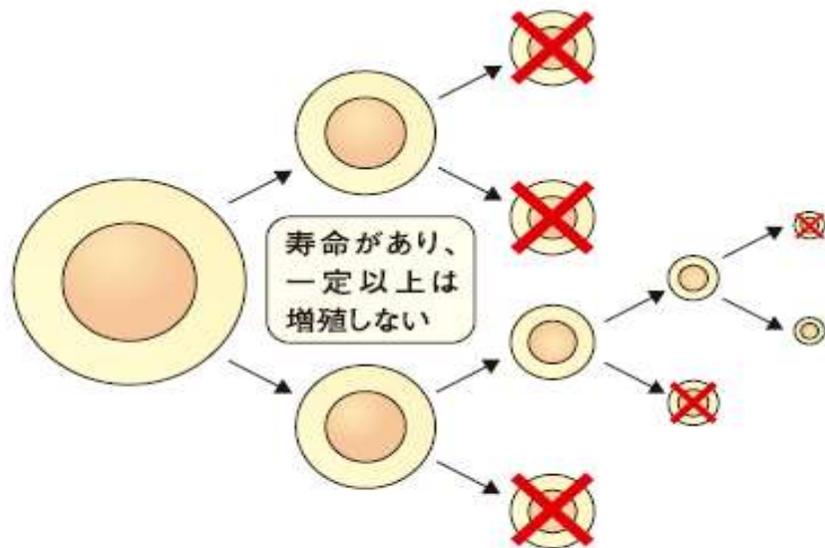
# COPDの治療

- 禁煙
- 大気汚染、粉塵などの増悪因子からの回避
- インフルエンザワクチン接種
- 食事療法
- 運動療法
- 薬物療法
  - 気管支拡張薬、去痰剤、抗菌剤、吸入ステロイドなど

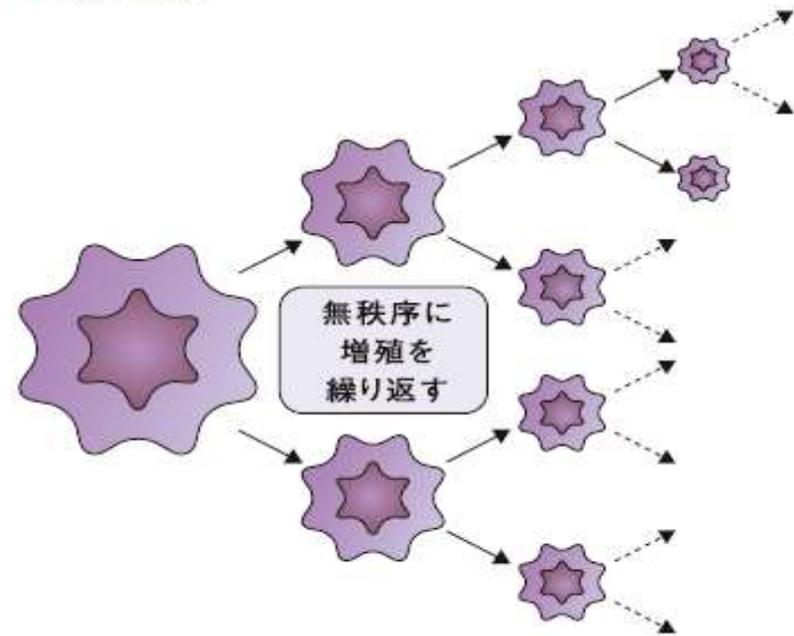
# 肺がんとは？

肺がんは、気管、気管支、肺胞の細胞が遺伝子の変異によって正常に増殖しなくなり、無秩序に増え続けることで発生します。そのまま進行すると、腫瘍（しゅよう）と呼ばれるかたまりとなって、周囲の正常な組織に侵入（浸潤）し、破壊します。また飛び火をすることで他の臓器に広がる（転移）ことがあります。

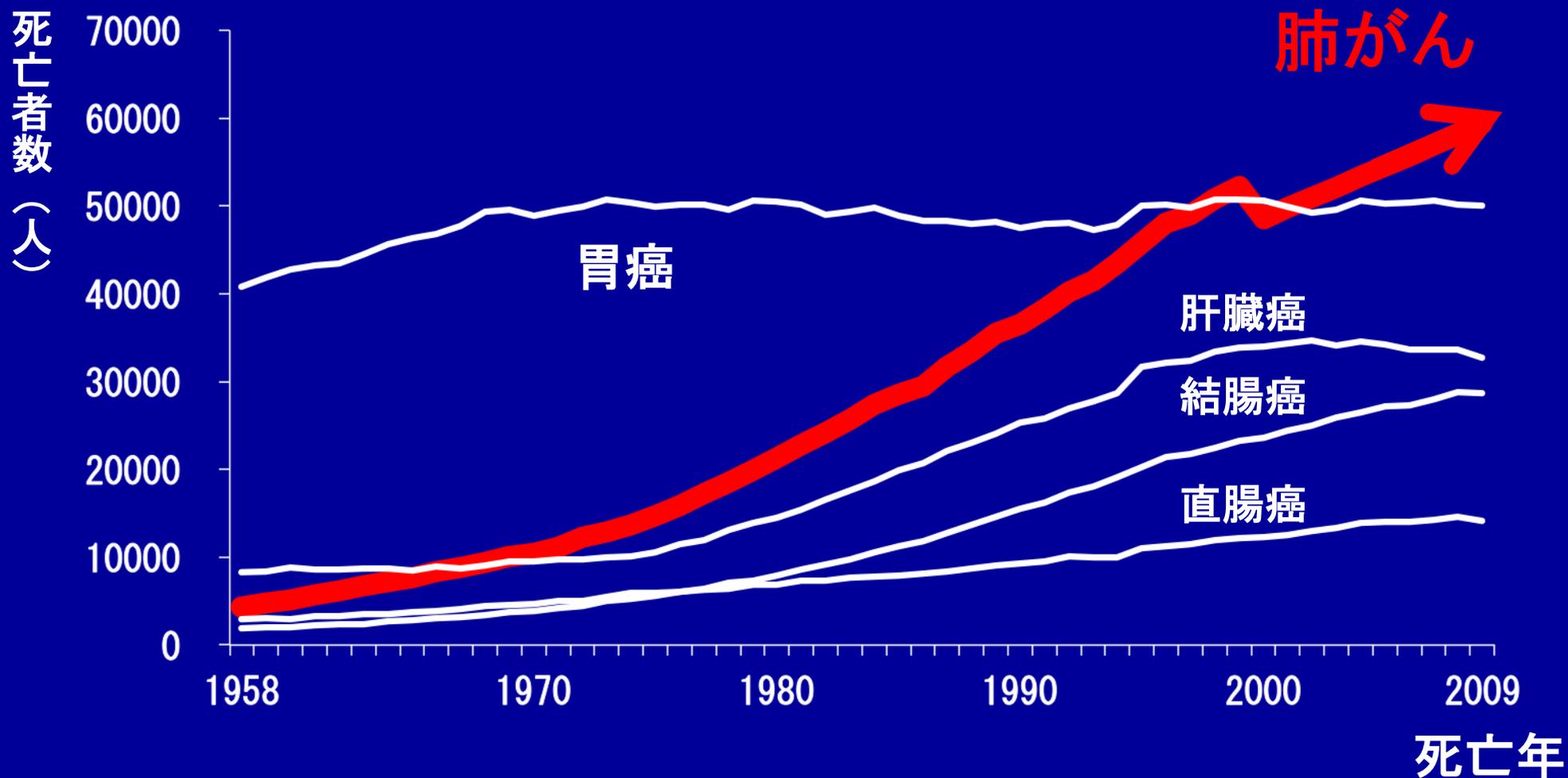
■ 正常細胞



■ がん細胞



# 部位別の癌死亡数の推移



特定非営利活動法人

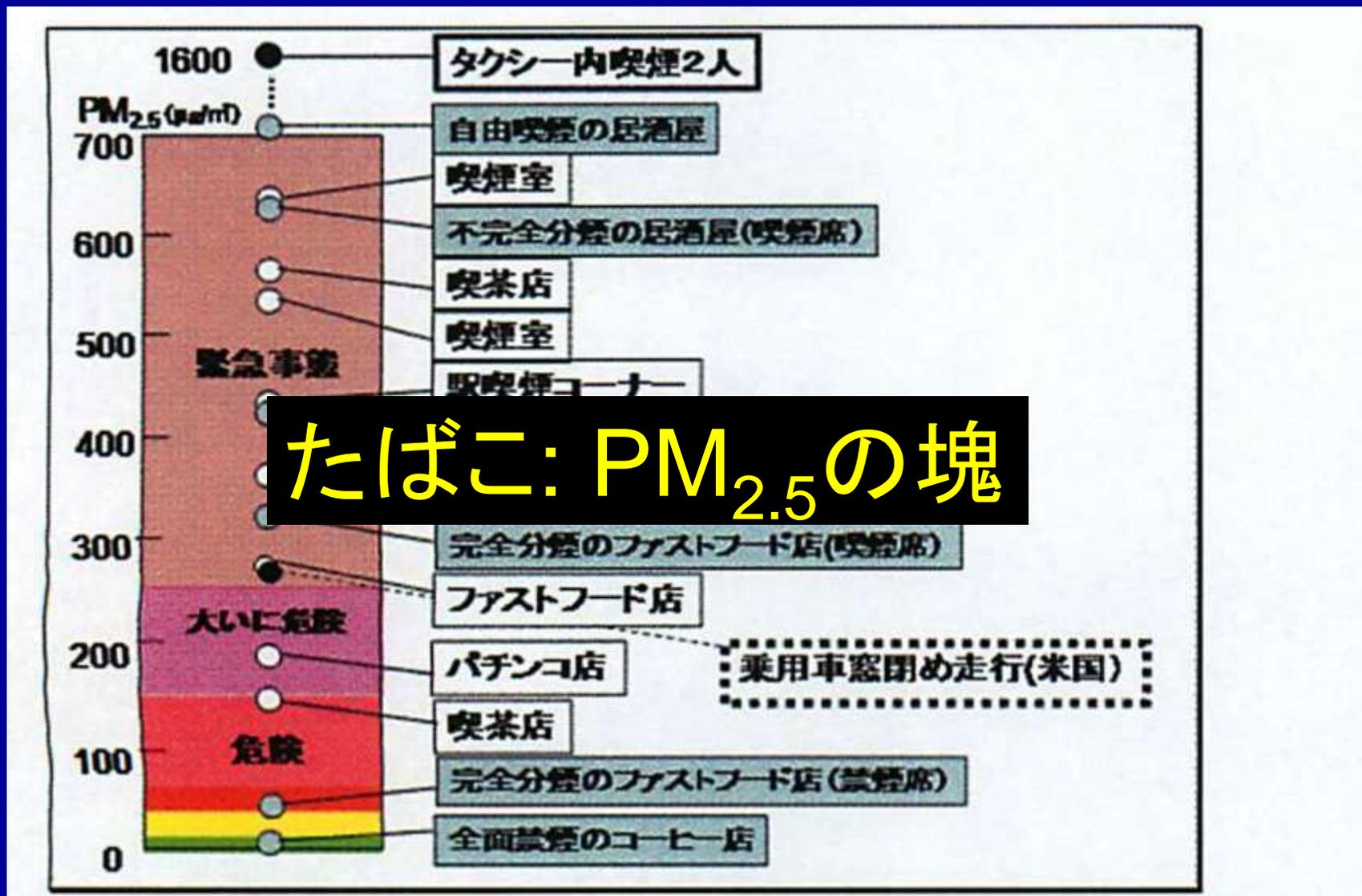
日本肺癌学会

THE JAPAN LUNG CANCER SOCIETY

# 肺がんの危険因子

- 喫煙
- 大気汚染
  - PM<sub>2.5</sub>
  - ディーゼル排気微粒子
  - ベンゾピレン (有機物質の不完全燃焼、排気ガス)
  - ニトロピレン (排気ガス、化石燃料の不完全燃焼)
- アスベスト

# 日本の様々な飲食サービス店内のPM<sub>2.5</sub>濃度



# 大気汚染は喫煙と同じように危険か？

交通量の多い道路沿いでは1日10本の受動喫煙と同じリスクがある



# 肺がんの診断



# Breath Clean Air

1. 大気汚染物質を減らす
  - 環境基準を満たす
2. 室内空気汚染を減らす
3. 大気汚染からの曝露を減らす
4. 病気の治療をする

# 室内空気汚染を減らす

- 禁煙
- 大気汚染の室内流入を減らす
  - 大気汚染の軽い時に窓を開ける
  - 換気や窓の開閉を必要最低限にする
  - 空気清浄機

# 空気清浄機

- フィルターの有無や機種によって有効性が異なる。
- 部屋のサイズに適したものを選択する。
- 説明書に従い、フィルターの清掃、交換などをこまめに行う(清掃時にはマスクを着用)。
- 日系メーカーではエクレア、シャープ、ダイキン、東芝、パナソニック、日立、三菱重工、三菱電機等が取扱い。
- PM<sub>2.5</sub>対応空気清浄機も発売されている。

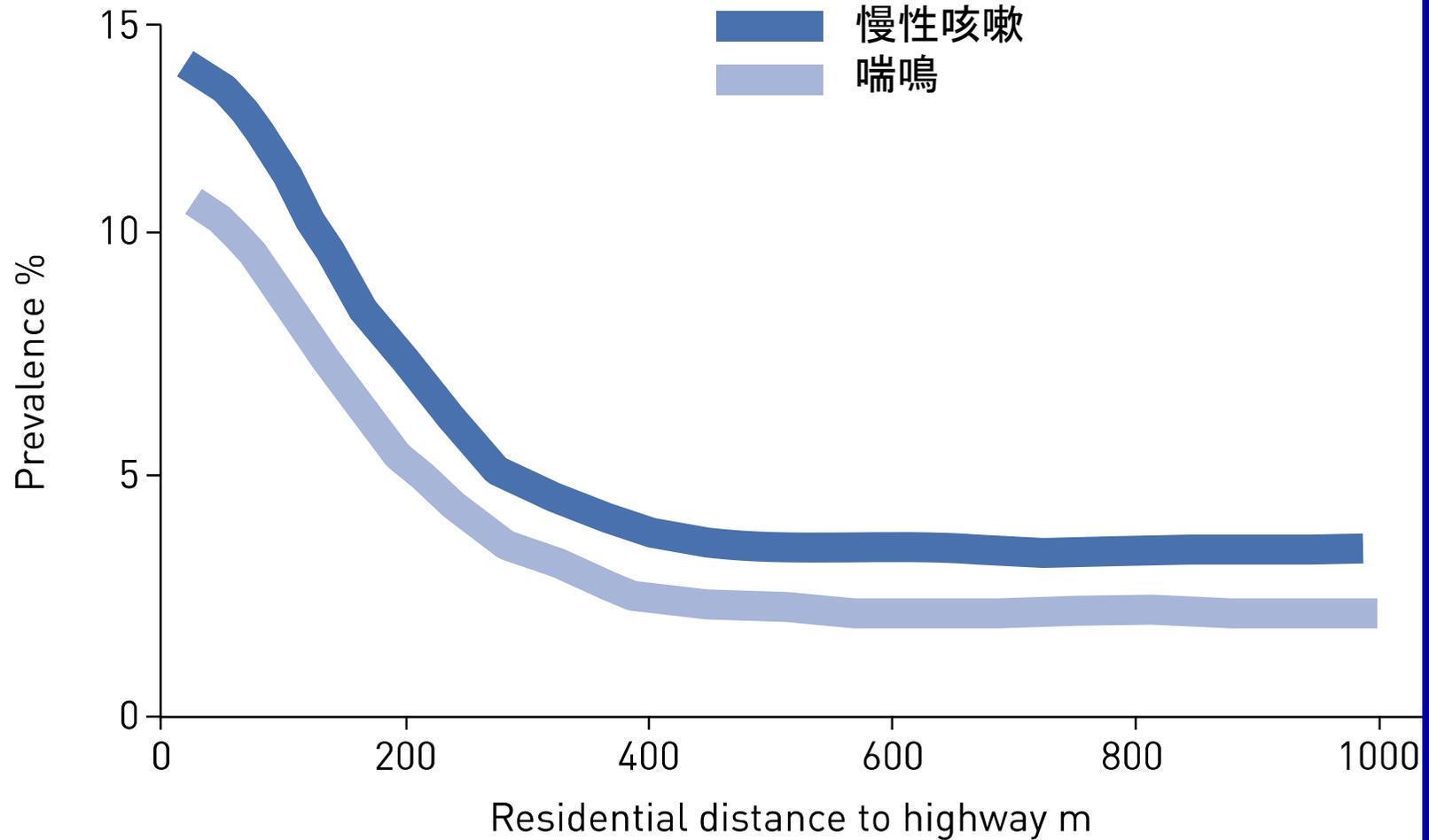


左は、空気清浄機のフィルター使用1か月後  
(北京, 2013年11月)

# 大気汚染からの曝露を減らす

- 日常生活
  - 交通量の多い道路から50～100m離れて歩く
  - 交通量の多い幹線道路沿いでジョギングしない
- 汚染が激しいとき
  - 学校では屋外ではなく屋内で体育をする
  - マスクをする

# 高速道路からの距離と咳と喘鳴の頻度



# *That Cloth Mask for Smoggy Days?*

*New York Times Aug 22, 2016*



# N95マスク

- 医療用マスク
- 国立労働安全衛生研究所(米国)が認定したマスク
- “N”は、Not resistant to oil : 耐油性なし
- “95”とは、塩化ナトリウム(空力学的質量径 $0.3\mu\text{m}$ )の捕集効率試験で95%以上捕集することを意味している。

# 生活における留意事項

- 帰宅後は、手洗い・うがいの徹底を励行する。
- 交通量の多い道路を避ける。
- 屋外での長時間の激しい運動を控える。
- 外出する際は、マスク(N95など)をする。
- 室内では、空気清浄機を設置する。
- 持病のコントロールをする。
- 健康診断を受ける(肺機能検査、胸部X線、心電図など)。

# われわれにできること

-Act now, think long term-

- 移動方法を考える→バス、電車、自転車、歩行
- 居住場所の大気の質に注意する
- 自宅のガス器具を良い状態に保つ
- 自宅のエネルギー効率をよくする
- 大気の質について学び、最新情報を入手する

# まとめ

- PM<sub>2.5</sub>は、呼吸器系や循環器系に影響する。
- 特に、心臓・肺疾患患者、高齢者、子供では注意が必要である。
- 喘息や慢性閉塞性肺疾患の患者は、PM<sub>2.5</sub>により症状が悪くなる可能性がある。
- PM<sub>2.5</sub>は肺がんの危険因子である。