

# 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

2013年3月

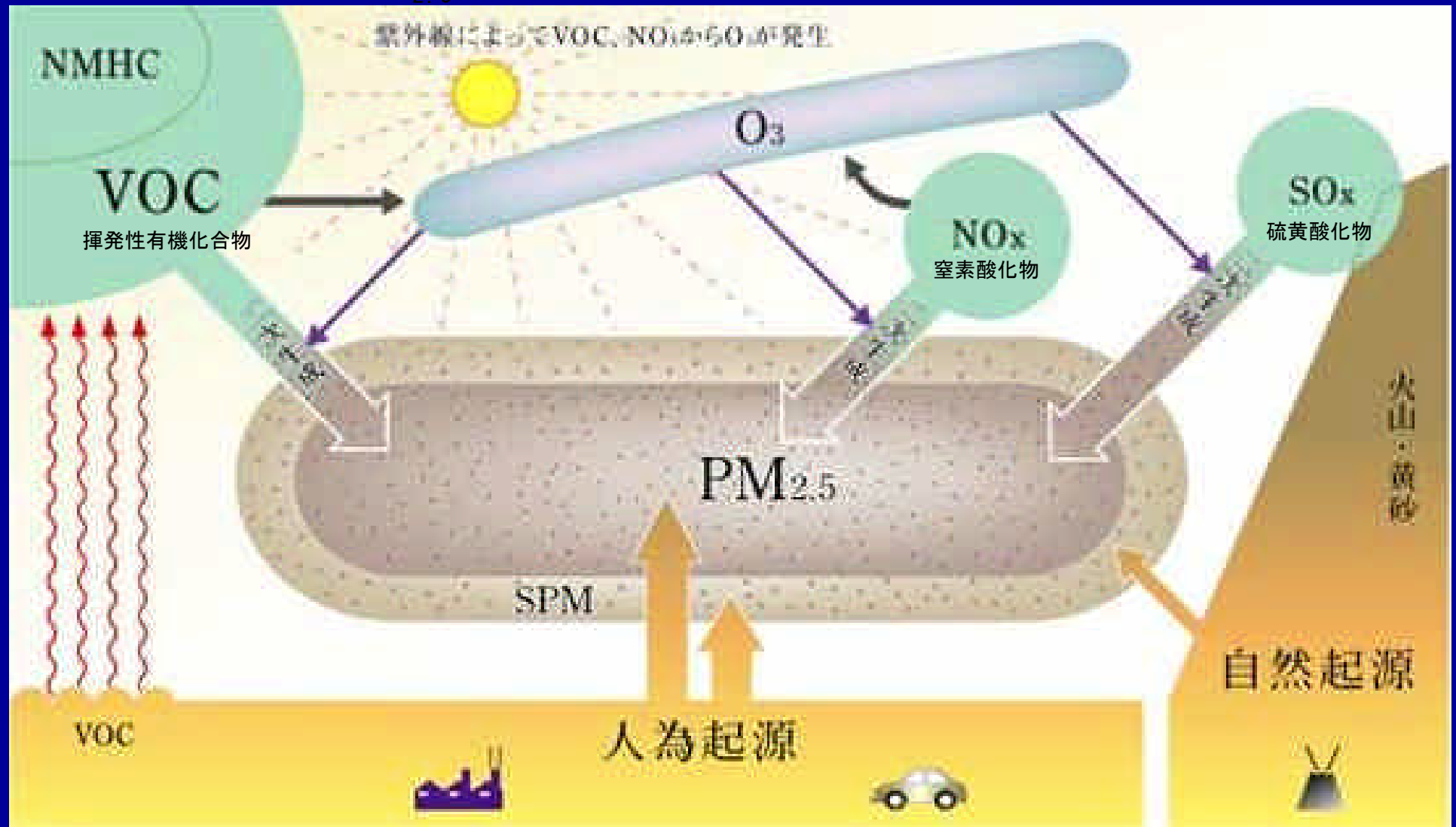
# 中国の大気汚染

- 大気汚染物質にはSO<sub>x</sub>(硫黄酸化物)、NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)等があるが、中国で深刻なのは粒子状物質 (Particulate Matter: PM)である。
- PMは粒径によりPM<sub>10</sub>(直径10 $\mu$ m以下)とPM<sub>2.5</sub>(直径2.5 $\mu$ m以下)に分類され、PM<sub>10</sub>に占めるPM<sub>2.5</sub>の割合は5～7割程度である。
- 粒子が小さいほど呼吸器の奥深くまで入り込みやすいことから人への健康影響が懸念されている。

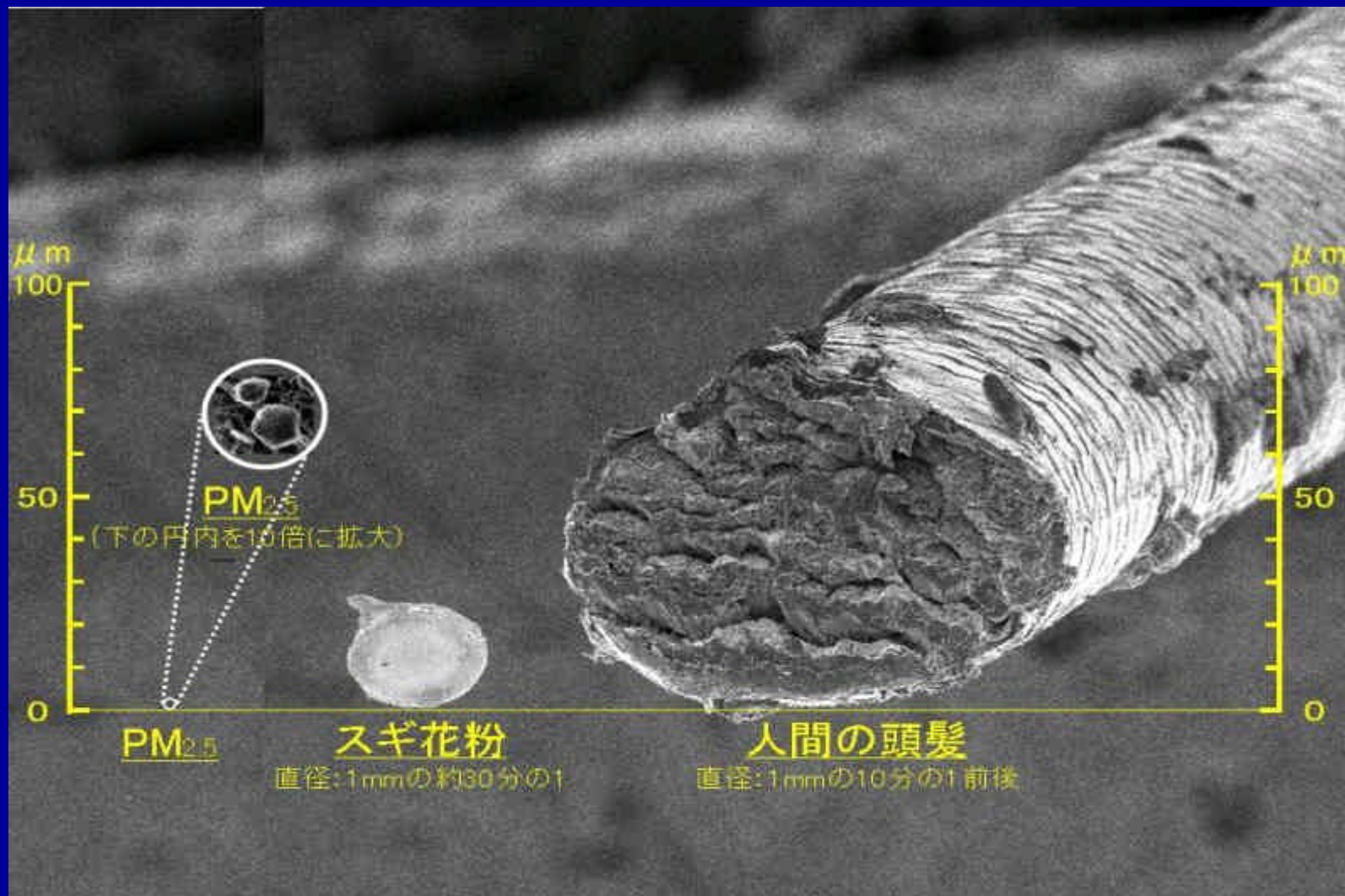
# 微小粒子状物質(PM2.5)

- 大気中に浮遊する粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質のことをいう。その成分には、炭素成分、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、森林火災等)がある。

# PM2.5の生成メカニズム



# PM2.5の大きさ



# PM2.5環境基準

|                   | 年平均値                                                                  | 1日平均値                       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 日本・米国             | 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>(米国:3月中に12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に) | 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| 中国<br>(2016年1月より) | 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                                           | 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| WHO               | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                                           | 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |

# 大気汚染指数(API)

| API              | PM2.5濃度<br>日平均(中国)<br>μg/m <sup>3</sup> | PM2.5濃度<br>日平均(米国)<br>μg/m <sup>3</sup> | 評価<br>(中国/米国)                              | 健康アドバイス(米国環境保護庁による)                           |
|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 0-50<br>(緑)      | 0-35                                    | 0-15                                    | 優/Good                                     | 通常の活動が可能                                      |
| 51-100<br>(黄色)   | 35-75                                   | 15-35                                   | 良/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<br>(橙)   | 75-115                                  | 35-65                                   | 軽微汚染<br>/Unhealthy for<br>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<br>(赤)   |                                         |                                         | Unhealthy                                  | すべての者は、長時間又は激しい屋外活動を減少。                       |
| 201-300<br>(紫)   | 150-250                                 | 150-250                                 | 中度汚染/Very<br>Unhealthy                     | 上記の者は、すべての屋外活動を中止。<br>すべての者は、長時間又は激しい屋外活動を中止。 |
| 301-500<br>(赤褐色) | 250-500                                 | 250-500                                 | 重汚染/<br>Hazardous                          |                                               |

心臓・肺疾患患者、高齢者及び子供

中

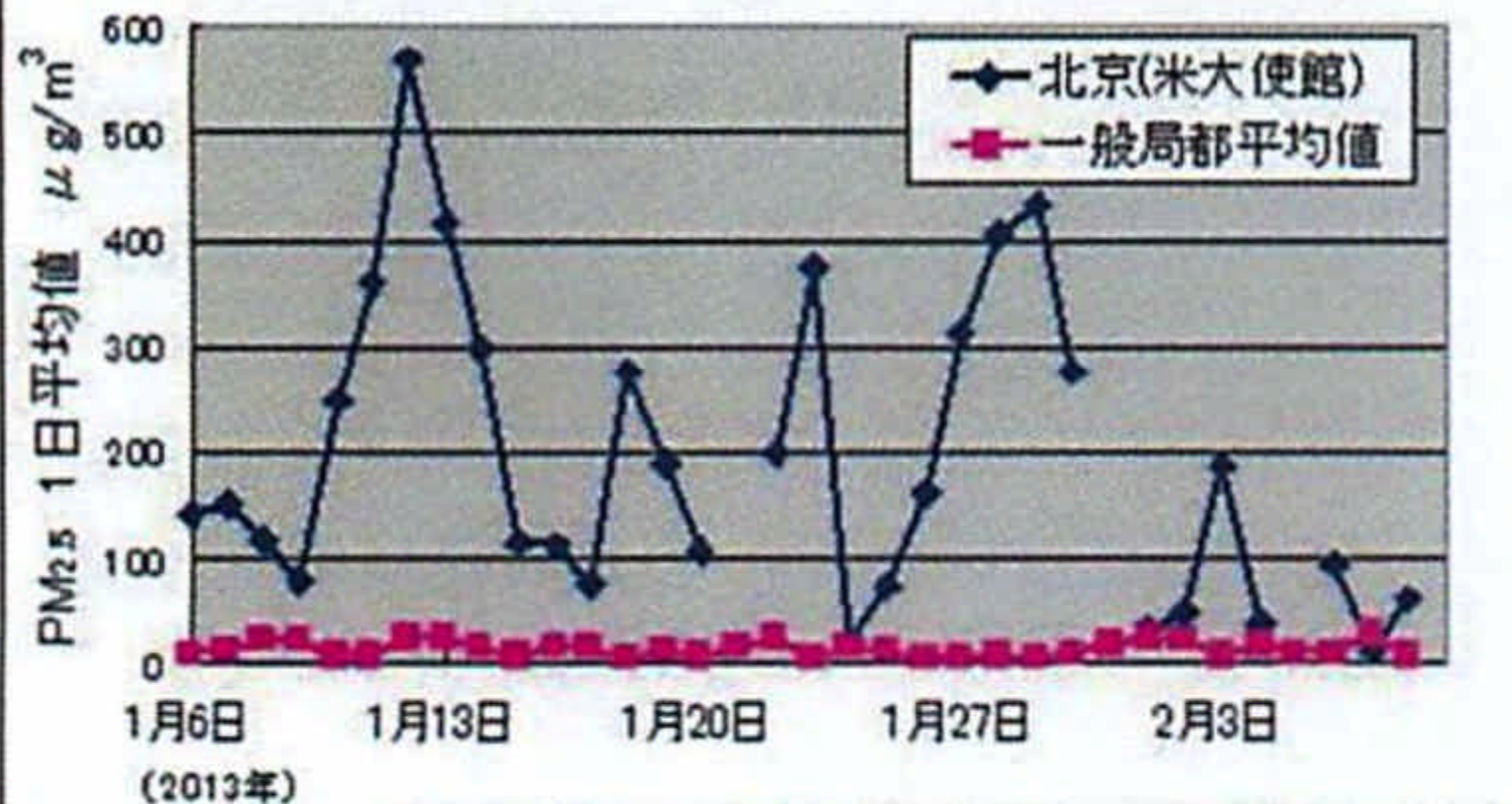
# 大氣污染分布





(随時更新)

# 北京と東京におけるPM<sub>2.5</sub>濃度(1日平均値)の推移



\*北京の濃度については、在北京米国大使館のツイッター情報に基づきデータ

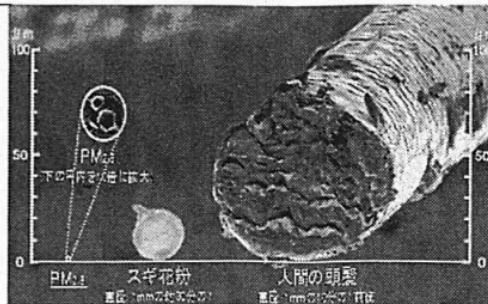
【出典】 東京都環境局Hp



## PM2.5

大気を漂う粒子状物質で、大きさ(粒径)が2.5マイクロメートル以下のもの。極めて小さいため、吸い込むと肺の奥まで入りやすく、肺がんやぜんそくを引き起こすリスクがある。自動車の排ガスや工場のばい煙などから発生する。国内では、2009年に「1立方メートルあたり日平均で35マイクログラム以下、かつ年平均で15マイクログラム以下」とする環境基準が決まった。

PM2.5の大きさの比較  
東京都ホームページから



## PM2.5の濃度別の行動の目安

| 1立方メートルあたりの日平均値(マイクログラム)                                                                              | 70超 | 70以下                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------|
| ・急ぐ必要のない外出を減らす<br>・屋外での長時間の激しい運動を減らす<br>・室内では換気や窓の開け閉めを最小限に<br>・呼吸器や心臓などに疾患のある人、お年寄り、子どもは体調に応じて慎重に行動を |     | ・呼吸器や心臓などに疾患のある人、お年寄り、子どもの体調の変化に注意 |

指針は、同日あった同省の専門家会合(座長、内山巖雄・京都大名誉教授)で取りまとめられた。午前5〜7時台の1時間あたりの平均濃度が85マイクログラムを超えると、結果的に当日の1日平均で70マイクログラム超となる可能性が高いという。健康な人が72マイクログラムの濃度の場所に2時間いたところの影響があったとする知見と、米国が指標として「健康に悪影響がある」レベルを約65マイクログラムとしていることを参考に、暫定的に70マイクログラムとした。

■基礎的財政収支(PB)は赤字が続く

|           | 名目経済成長率 | 2013年度 | 14年度  | 15年度  |
|-----------|---------|--------|-------|-------|
| 歳出を抑えない場合 | 3.0%    | ▼4.8%  | ▼4.1% | ▼3.3% |
| 歳出を抑えた場合  | 1.5%    |        | ▼4.3% | ▼3.8% |
|           |         |        | ▼3.8% | ▼3.0% |
|           |         |        | ▼4.0% | ▼3.4% |

▼はマイナス。政府の後年度影響試算から。予算(一般会計)での対GDP比。14、15年度は消費増税を織り込んでいる。財務省の資料によると、国際公約に対応する「国民経済計算ベース」では赤字幅をさらに「0.3〜0.4%程度拡大」としている。

たして年割1礎成  
討度合バ的が政

## PM2.5

## 70マイクログラム超で注意喚起

## 環境省暫定指針「外出や換気控えて」

大気汚染の原因となる微小粒子状物質PM2.5の健康影響について、環境省は27日、注意を必要とする暫定的な指針を「1日平均で1立方メートルあたり70マイクログラム」と決めた。大多数の人の健康が保たれるとされる環境基準値の2倍に当たる。自治体が住民に注意喚起を促す判断基準にしよう。

指針値を超えた場合の行動の目安として、外出を控えたり、屋外での激しい運動を避けたりすることなどを挙げている。

環境基準値の35マイクログラムを注意喚起のレベルとするのは、「それを超えるとすぐに健康に影響が出る」との誤解を招きかねないとして見送られた。ただ、呼吸器系や循環器系疾患のある人やお年寄り、子どもらは70マイクログラム以下でも影響を受けやすいため、注意が必要としている。

国立環境研究所が、全国

ののがの個む5  
のの合まの数人より  
昨たにムと約



# 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<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ※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。

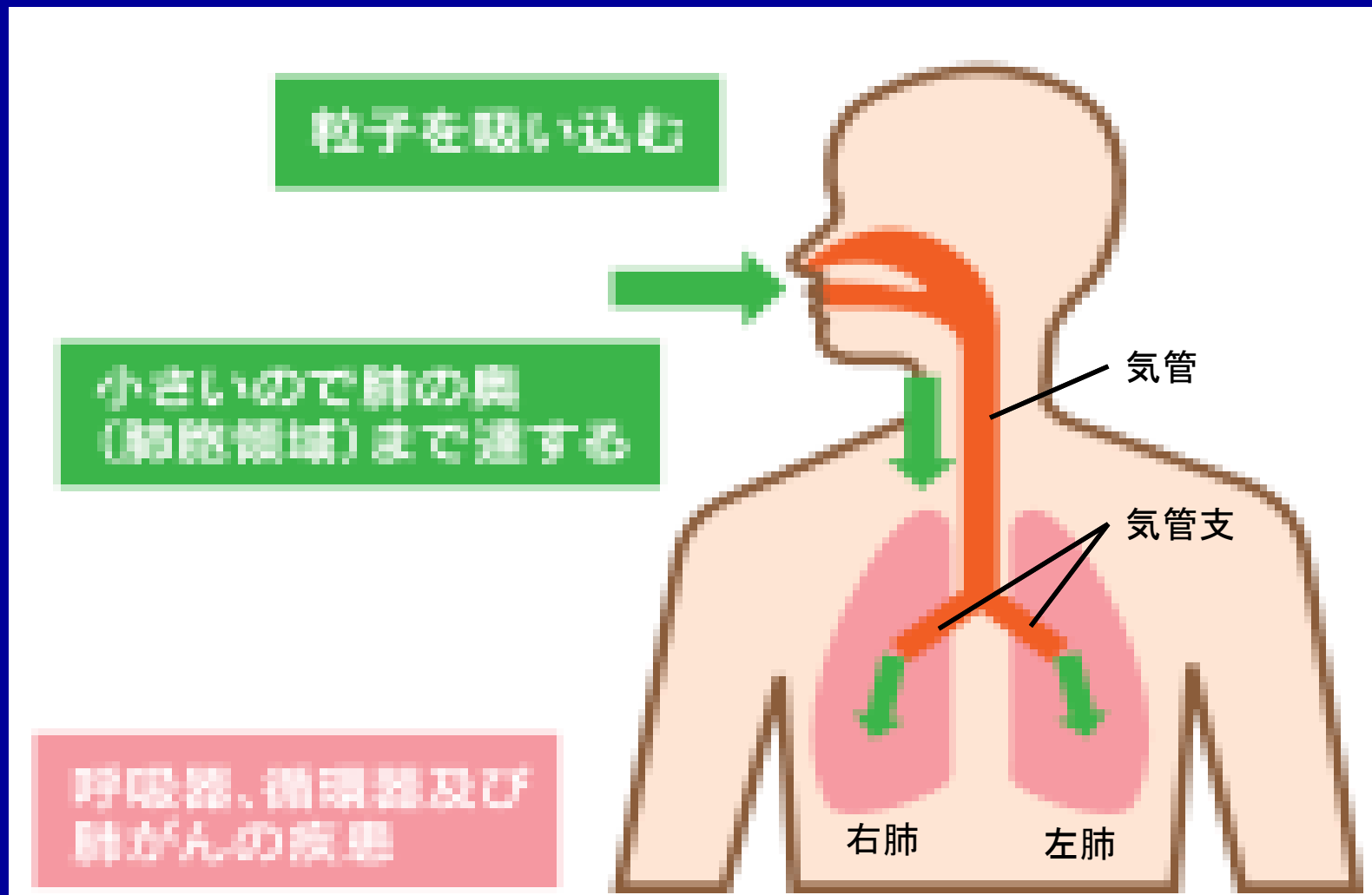
# 生活における留意事項

- 汚染からの曝露を出来る限り減らす
- 汚染状況を逐次確認し、不要不急の外出を避ける。
- 屋外での長時間の激しい運動を控える。
- 外出する際は、マスクをする（N95マスクが望ましい）
- 帰宅後は、手洗い・うがいの徹底を励行する
- 室内では、空気清浄機を設置する
- ドアや窓を締め切り、風が通る隙間を塞ぐ

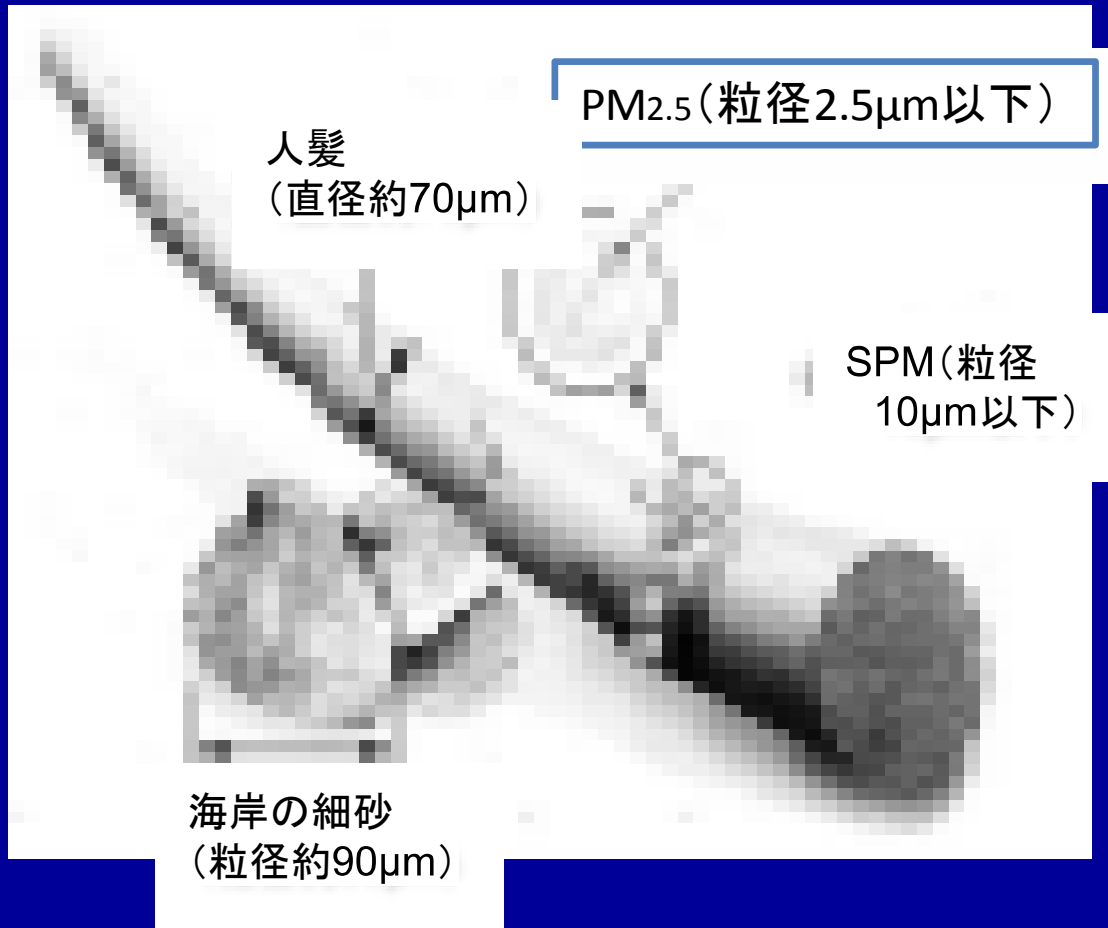
# 高性能マスク

- N95: 医療用マスク
  - NIOSH(国立労働安全衛生研究所)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。
  - 病院では結核病棟の呼吸器防護具として使用している。
- DS1、DS2: 防塵用マスク
  - 労働安全衛生法に基づく国家検定に同格したマスク。
  - “D”はDisposable(使い捨て式)、“S”は固体粒子用
  - 粒子捕集効率: 1=80%以上、2=95%以上

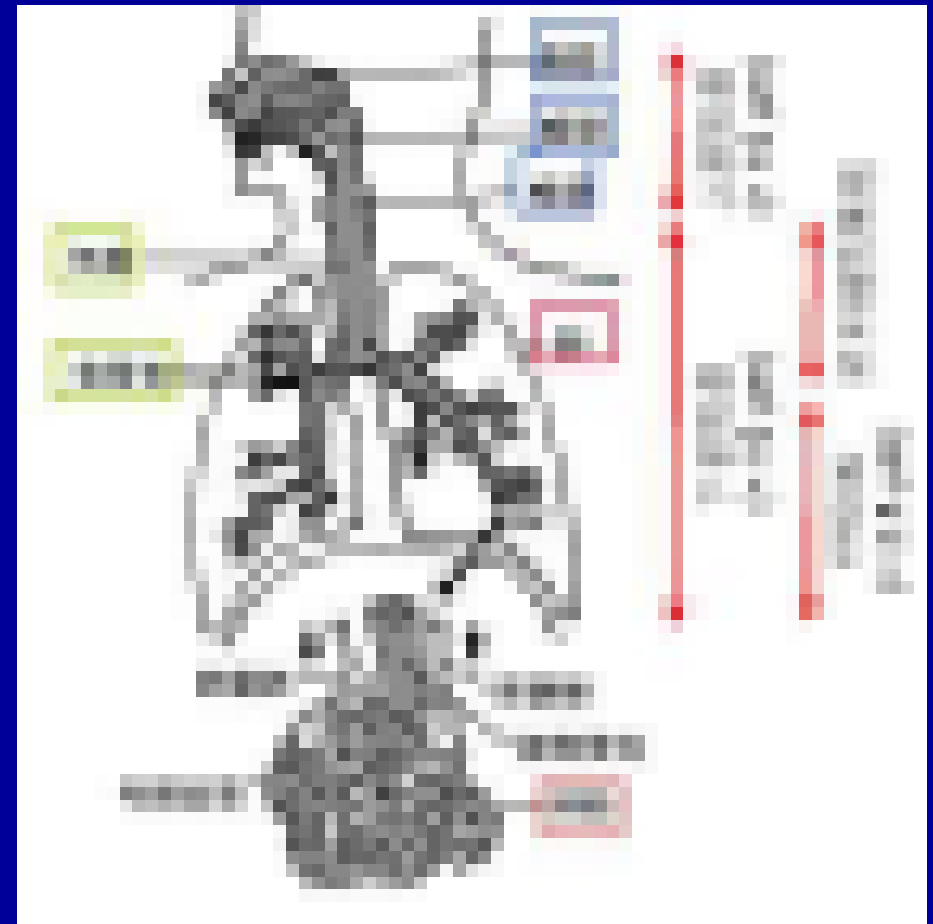
# PM2.5の健康影響への懸念



# PM2.5の大きさ、人の呼吸器での沈着部位

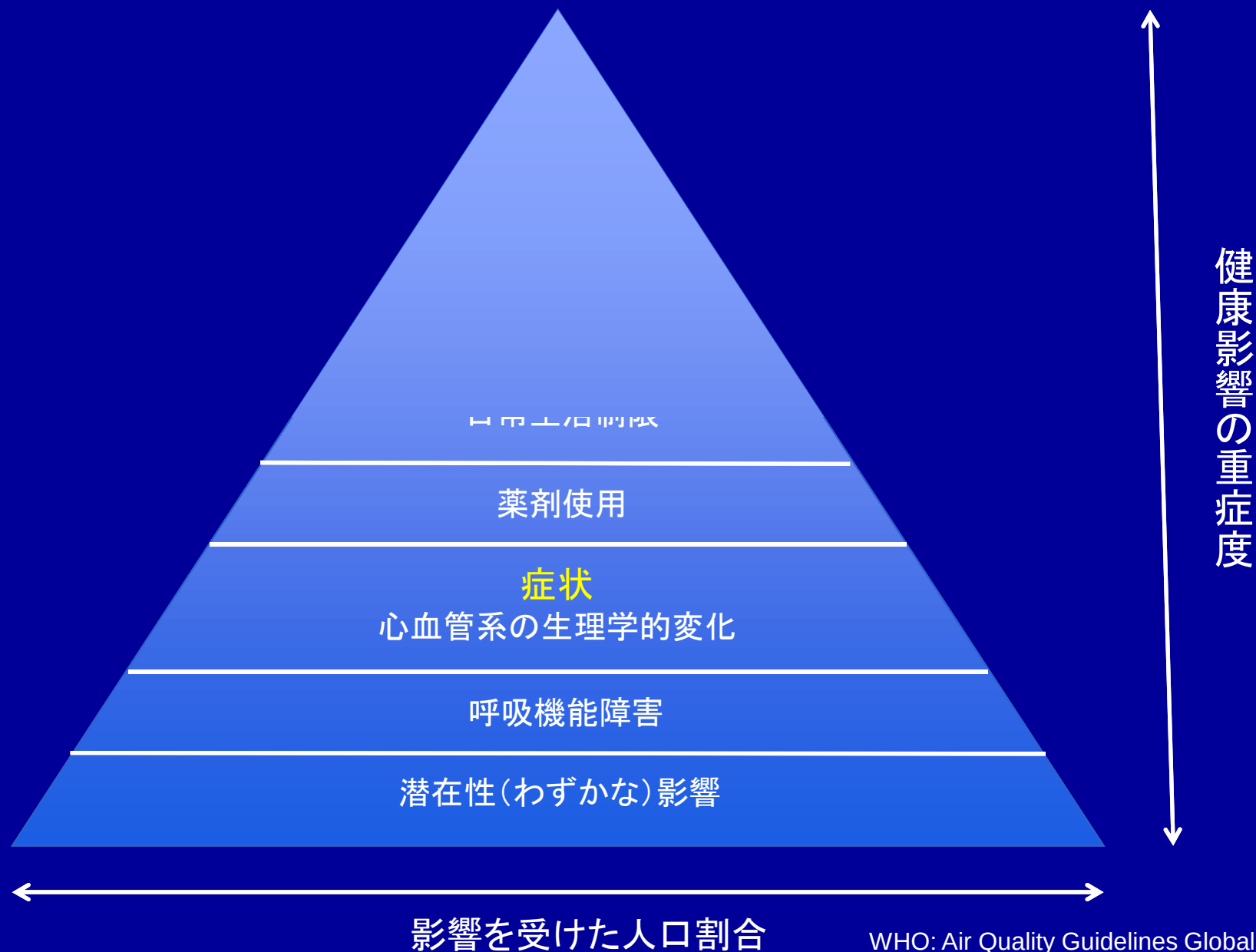


出典: EPA資料



出典: 国立環境研究所資料

# 大気汚染に関連した健康影響のピラミッド



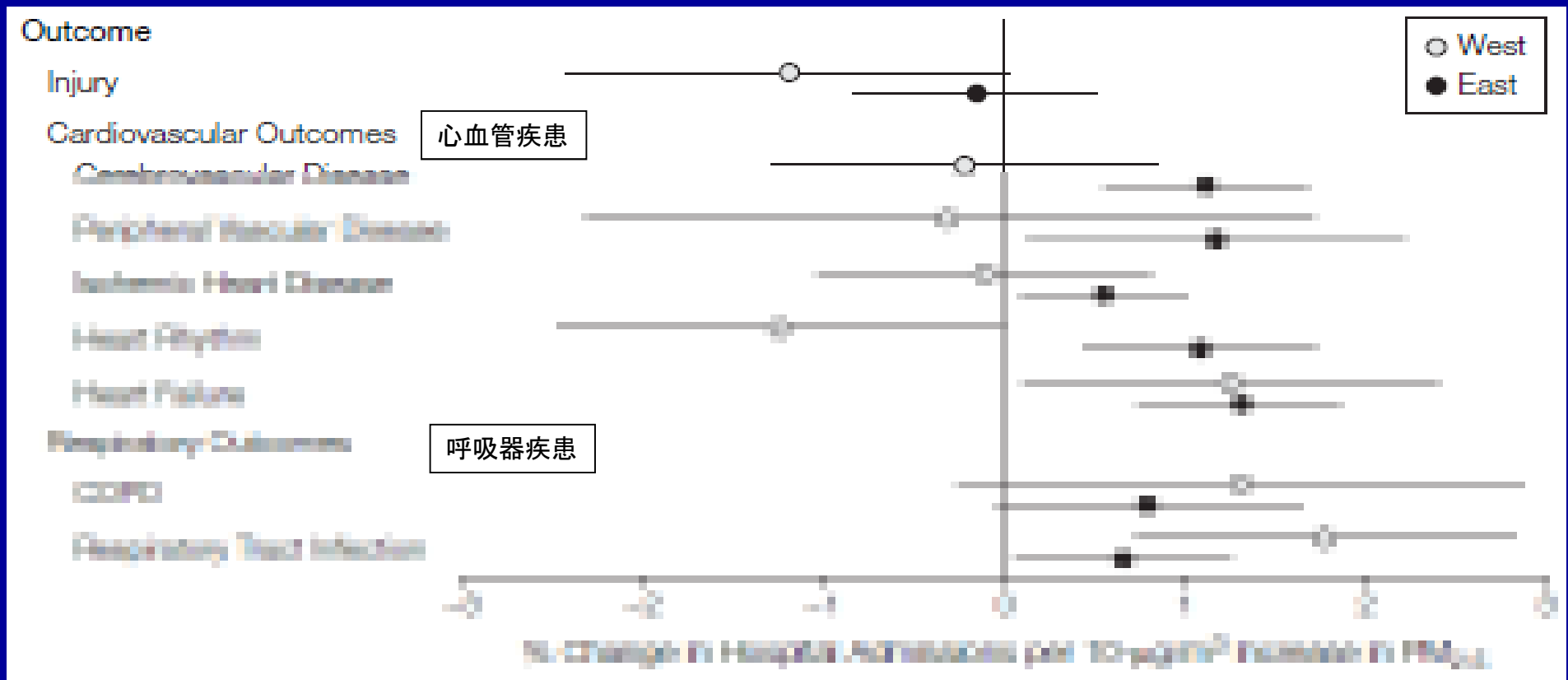


# 大気汚染の健康影響（短期曝露影響）

- 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）

# PM2.5濃度増加による入院リスク

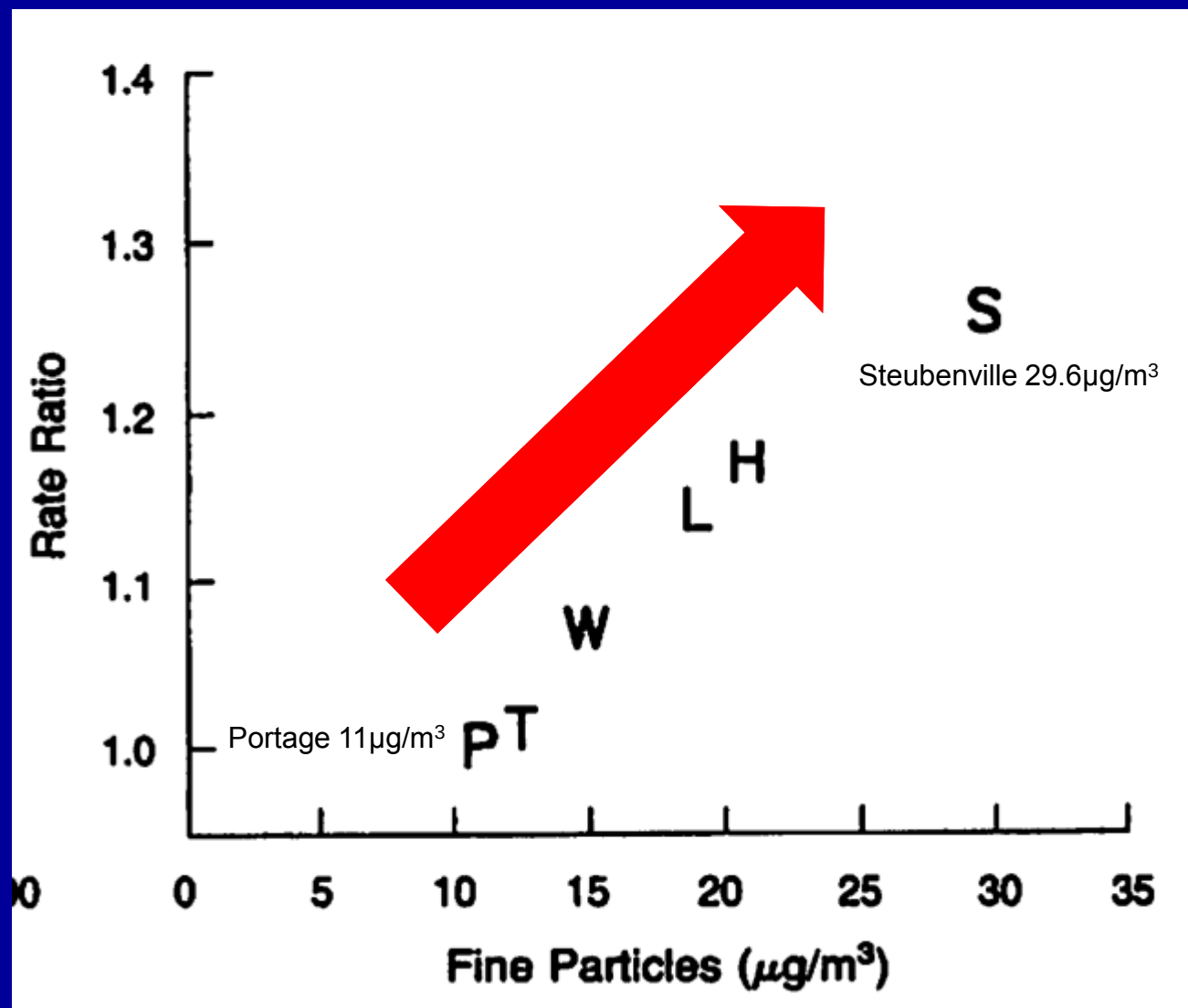
- 米国のPM2.5 濃度測定局から平均5.9 マイル以内にある204 郡において1999～2002 年の65 歳以上のメディケア受給者について呼吸器疾患及び循環器疾患による入院データを解析した結果では、外傷を除くすべての疾患による入院でPM2.5 濃度との関連がみられた。



# 大気汚染の健康影響（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）

# ハーバード6都市研究



- 米国東部6都市
- 1974年以降14～16年間
- 白人約8111人
- PM2.5濃度と総死亡、心肺疾患死亡との間に関連あり

Dockery DW, et al. N Engl J Med 1993;329:1753-9

# 大気汚染の呼吸器への影響

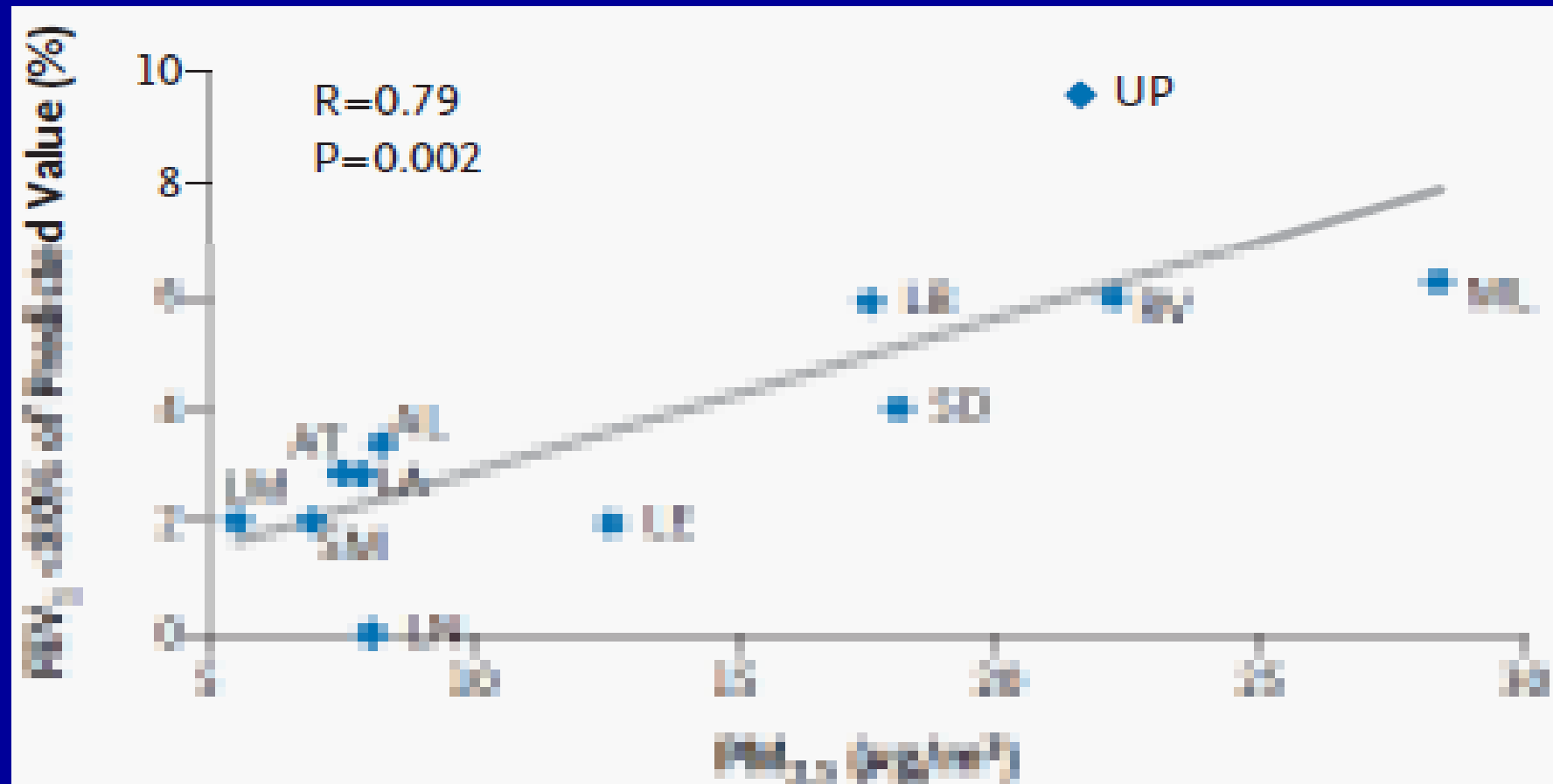
- A. 死亡率増加
- B. がんの増加
- C. 喘息発作の増加
- D. 下気道感染症の増加
- E. 慢性心肺疾患患者の増悪の増加
- F. 症状を伴う1秒量または努力性肺活量の低下
- G. 喘鳴の増加
- H. 胸部絞扼感の増加
- I. 治療を要する咳嗽や喀痰の増加
- J. 日常活動を妨げる急性上気道炎の増加
- K. 日常活動を妨げない急性上気道炎
- L. 日常活動を妨げるかもしれない眼、鼻、咽頭の刺激
- M. 悪臭

# 努力肺活量と1秒量

|       | 定義                                   |
|-------|--------------------------------------|
| 努力肺活量 | 最大吸気位から最大呼気位まで、できるだけ早く一気に呼出させた場合の呼出量 |
| 1秒量   | 努力呼出の開始後1秒間に呼出される量                   |
| 1秒率   | 1秒量の努力肺活量に対する百分率<br>基準時 70%以上        |

# PM2.5濃度と肺機能の関係

- 南カルフォルニア(12地域)の1759人の子供(平均年齢10歳)の肺機能検査を8年間毎年測定した。
- 1秒量が低い(予測値の80 %未満)人の割合は、PM2.5 高濃度地域では低濃度地域の4.9 倍であると推定している。





# PM2.5の呼吸器への影響

1. 気道や肺に炎症反応を誘導し、より高濃度な曝露の場合、肺障害が発現する。
2. 気道の抗原反応性を増強し、喘息やアレルギー性鼻炎を悪化させうる。
3. 呼吸器感染の感受性を高める。

# 大気汚染(PM2.5)と呼吸器疾患

- 気管支喘息
- 慢性閉塞性肺疾患(COPD)
  - 肺気腫
  - 慢性気管支炎
- 肺がん

# 気管支喘息

- 概念

- 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ある。

- 症状

- 喘鳴を伴った発作性の呼吸困難を繰り返し生じる。

- 増悪因子

- 花粉、カビ、ダニ、ペット、タバコの煙、大気汚染、気象条件の変化、疲労、ストレス、風邪、インフルエンザ、薬など。

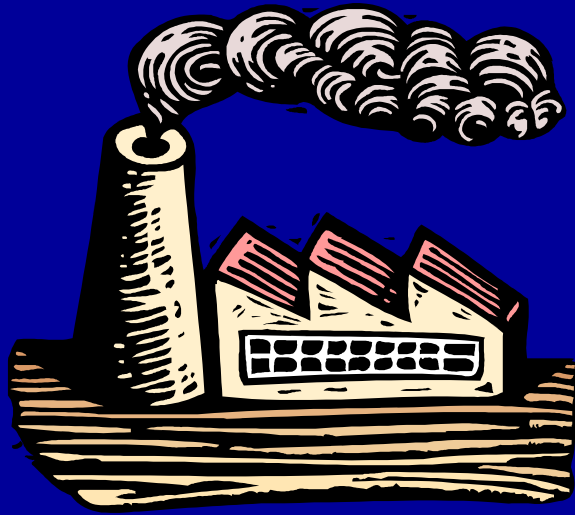
# 喘息患者増加の原因

大気汚染

居住環境の変化

ストレスの増加 など

# 大気汚染と喘息



工場の煙

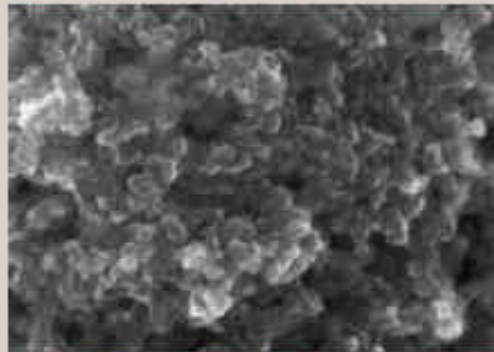
(例: 四日市喘息)



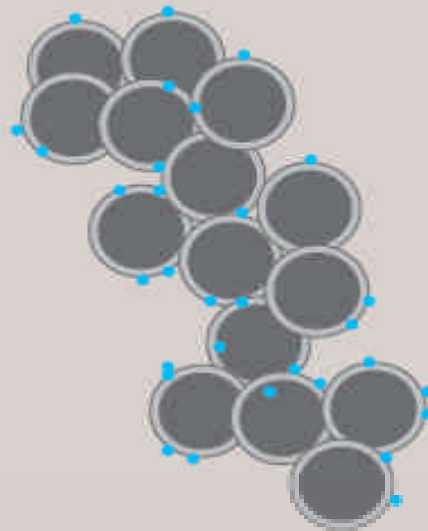
車の排気ガス

(例: ディーゼル排気微粒子)

# 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ニトロ化物など
- ・ 主に硫酸塩とその水和物など

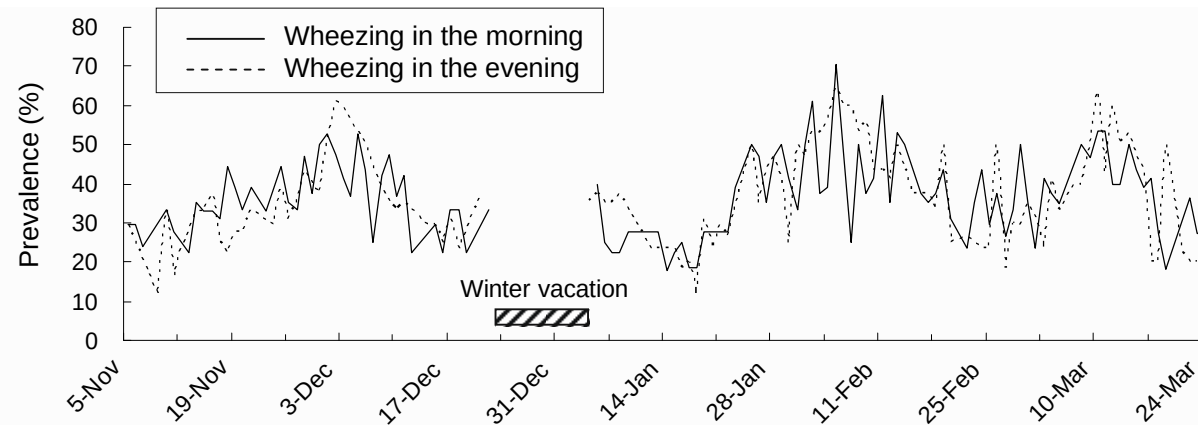
DEP粒子の模型

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。

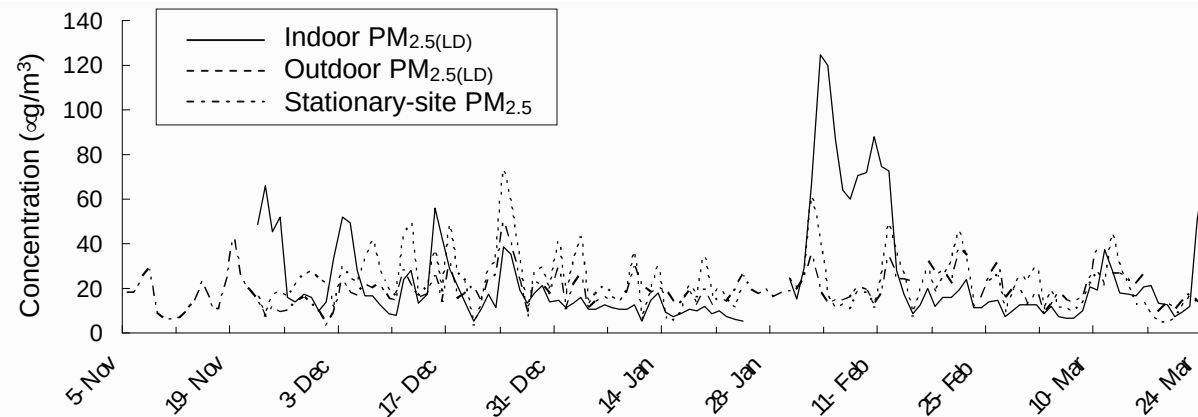
燃料の不完全燃焼に由来する粒子を核とし、その周りにエンジンオイル、未燃や生体に刺激を与えるようなホルムアルデヒドなどの酸化物やニトロ化物などの有機成分や硫酸塩や硝酸塩などが付着したもの

# PM2.5の喘息への影響

(A) Changes prevalence of wheezing



(B) Daily concentrations of particulate matter (PM)



室内のPM2.5濃度が上昇すると、小児喘息患者の喘鳴が増加する

# 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

- 概念

- 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。呼吸機能検査で正常に復すことのない気流閉塞を示す。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。慢性気管支炎と肺気腫を含む。

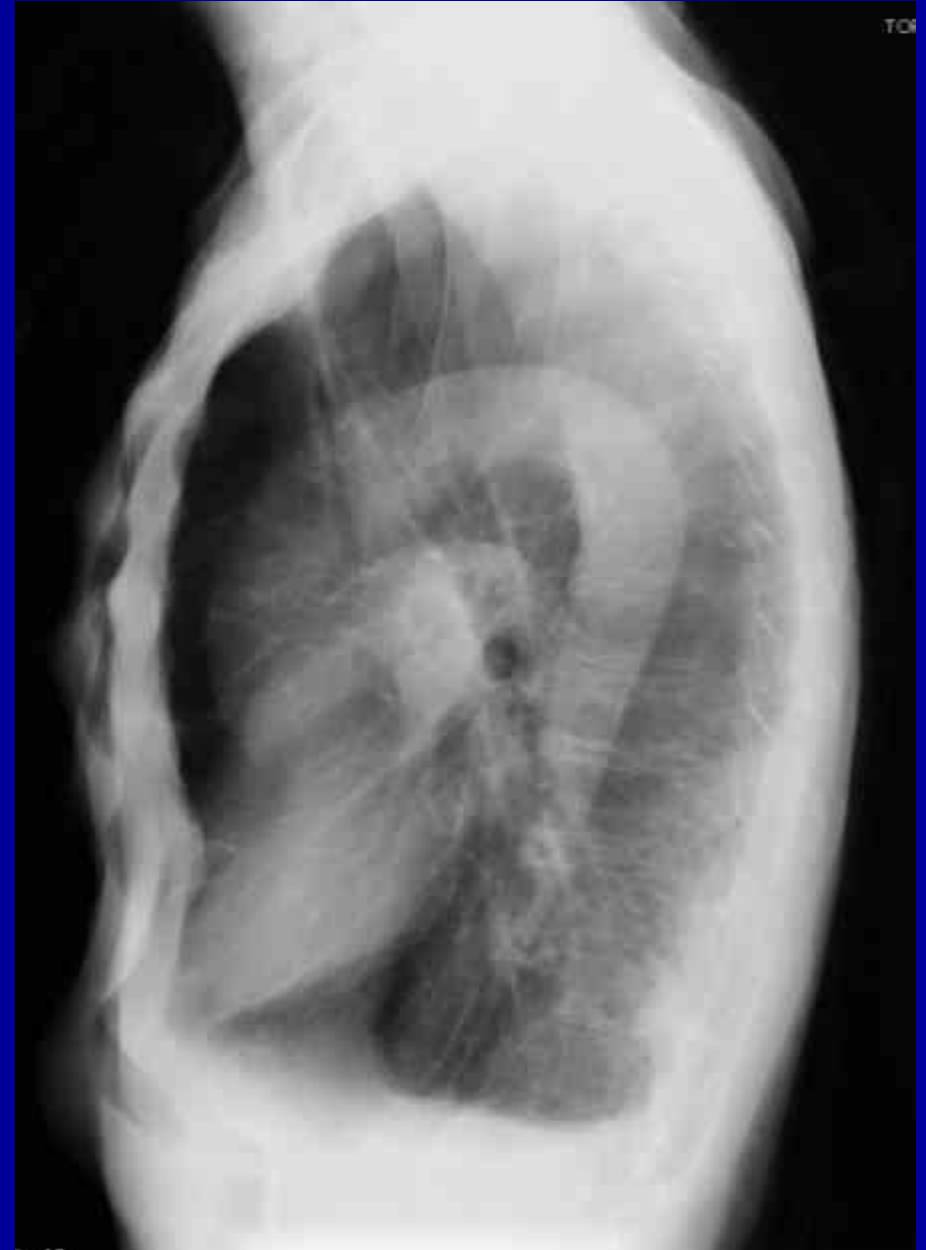
- 慢性気管支炎

- 喀痰症状が年に3ヶ月以上あり、それが2年以上連続して認められ、この病状が他の肺疾患や心疾患によらないもの。

- 肺気腫

- 終末細気管支より末梢の気腔が肺胞壁の破壊を伴いながら異常に拡大した状態をいう。

# 胸部単純X線写真



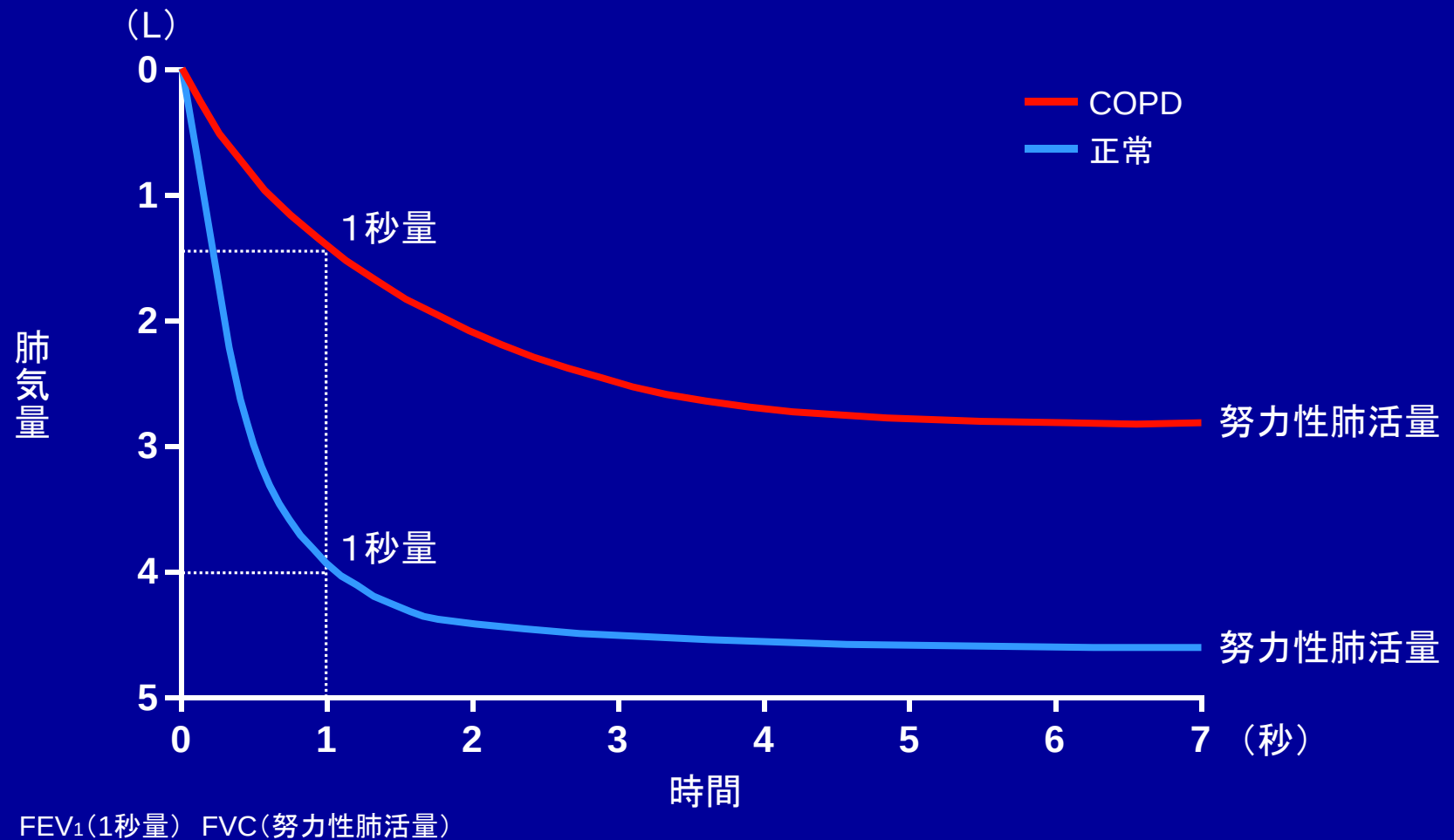
# 胸部CT



# COPDの増悪

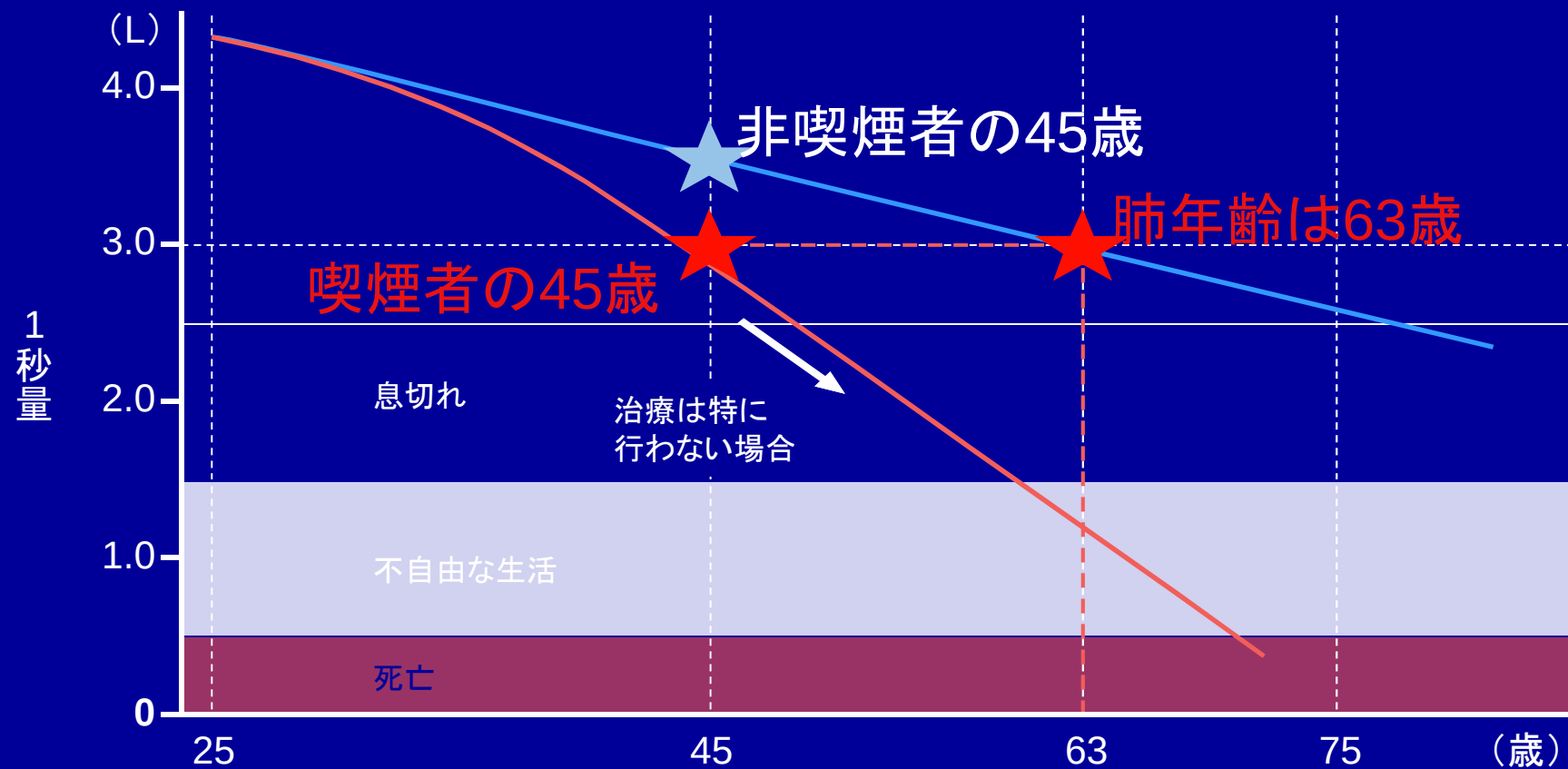
- 呼吸困難、咳、喀痰などの症状が日常の変動を超えて急激に悪化し、治療を要する状態をいう。
- 増悪の原因としては、呼吸器感染症と大気汚染が多い。

# 呼吸機能検査



# 肺年齢

身長170cm男性のイメージ





# 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、ステロイド薬など

# 肺がん

- 肺がんは、気管や気管支、肺胞の細胞ががん化したもので、組織別に非小細胞肺癌と小細胞肺癌に分けられる。
- 肺がんの死亡者数は増加しており、部位別のがん死亡の第1位である。
- 肺がんと診断されてから5年後に生存している人の割合は20%程度である。

# 肺がんの危険因子

- 喫煙 → 最大の危険因子。禁煙が最も重要。

– たばこ1本: PM2.5濃度  $800\mu\text{g}/\text{m}^3$

多環芳香族炭化水素

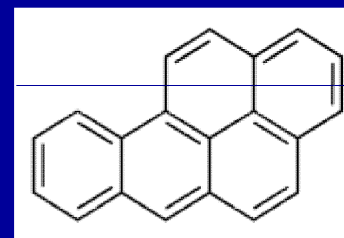
- アスベスト

- 大気汚染

– ベンゾピレン (有機物質の不完全燃焼、排気ガス)

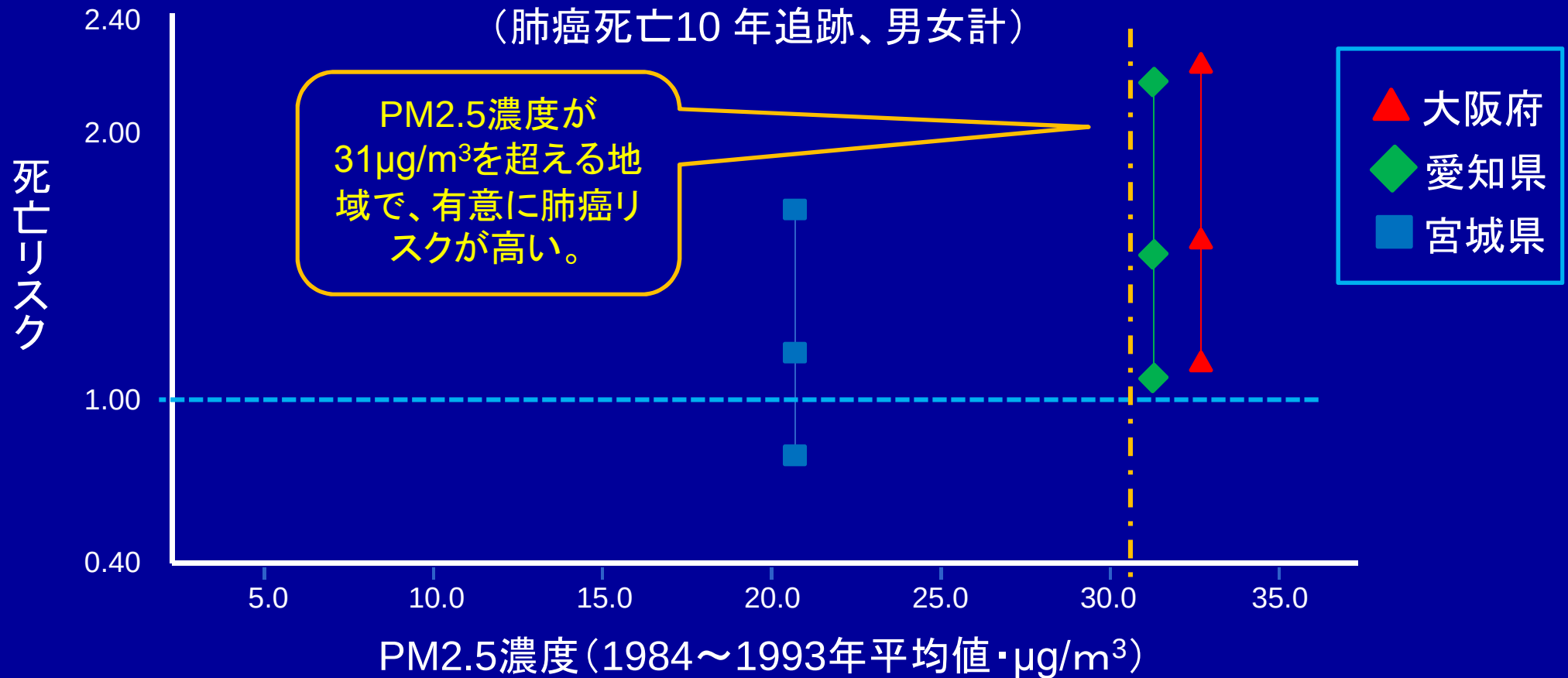
– ニトロピレン (排気ガス、化石燃料の不完全燃焼)

– ディーゼル排気微粒子



# PM2.5と肺癌の関連

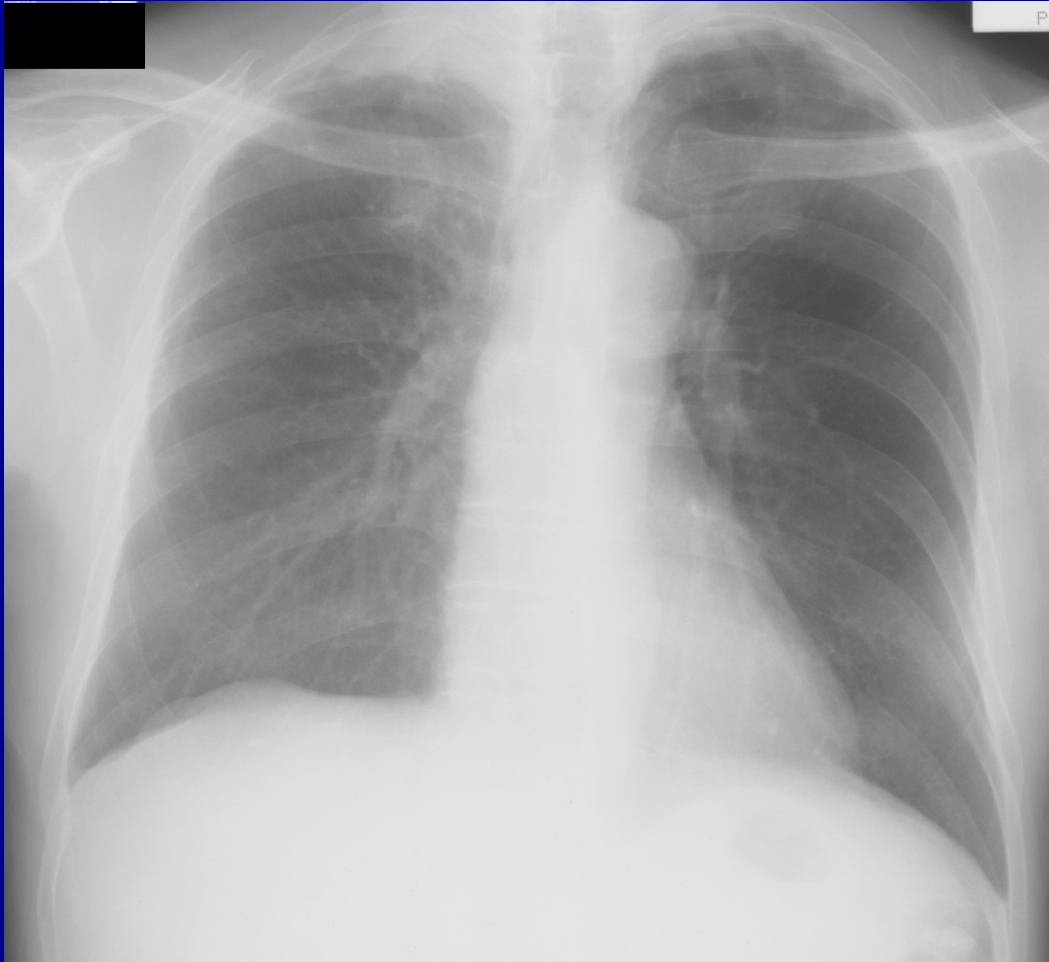
地区ごとの平均濃度とハザード比の散布図  
(肺癌死亡10年追跡、男女計)



# 肺がんの症状

- 初期には無症状のことが多い。
- 呼吸器症状として、咳、痰、血痰、息切れ、胸痛などがある。
- 全身症状として、体のだるさ、発熱、体重減少などがある。
- この他、転移による症状がみられることがある。

# 胸部X線写真では肺がんの早期発見は難しい

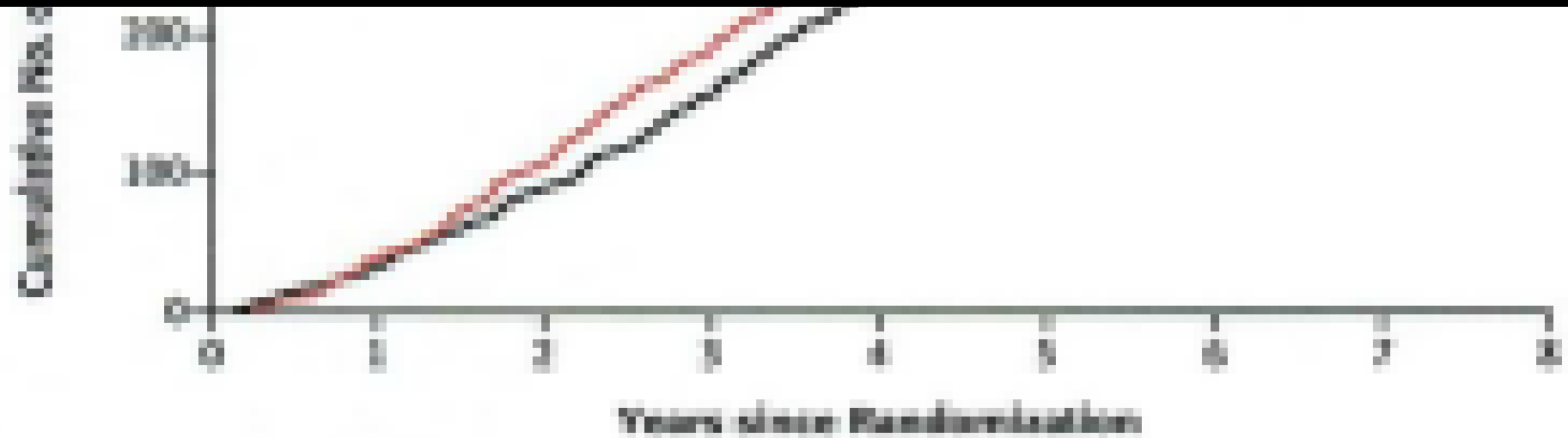


# National Lung Screening Trial (米国)

## II Death from Lung Cancer



CT検診群で肺癌による死亡率が20%減少した



# 肺がんの治療法

|      |                                 |                                                             |
|------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 局所療法 | 手術                              | 切除可能な状況であれば、最も治癒の可能性が高い                                     |
|      | 放射線療法                           | 癌が局所にとどまっている場合には、手術に次いで、有効な治療法<br>治癒が望めない状況でも、症状緩和などに有効な治療法 |
| 全身療法 | 抗がん剤による薬物療法<br>(化学療法剤・分子標的治療薬等) | 生存期間の延長やQOLの改善を目的として行われる                                    |



# 大気汚染と生活の質

## 身体的側面

- 機能
- 症状
  - 咳嗽
  - 喘鳴
  - 流涙
  - 痛み
  - 吐き気
  - 頭痛
- 認知機能
- 運動

## 心理的側面

- 幸福
- 不安、心配、恐れ
- うつ

## 社会的側面

- 人間関係
  - 友人、家族
- 社会的交流の機会
- 地域との交流
- 仕事、学校
- レクリエーション
- 作業成績
  - 集中と生産性

