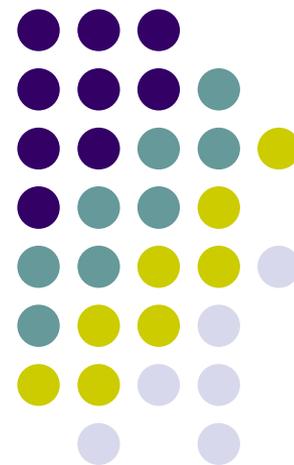


大気汚染に係る健康安全講話

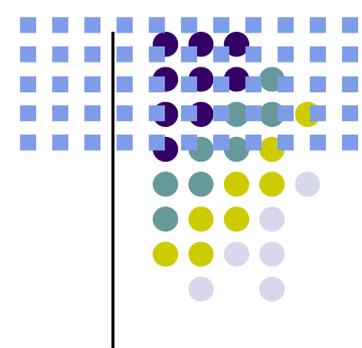
# PM<sub>2.5</sub>をはじめとする大気 汚染の健康影響とその対策

2017年11月  
(インド)

兵庫医科大学公衆衛生学  
島 正之



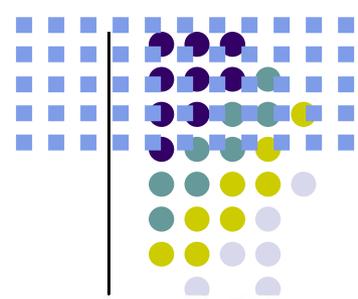
# 本日本話する主な内容



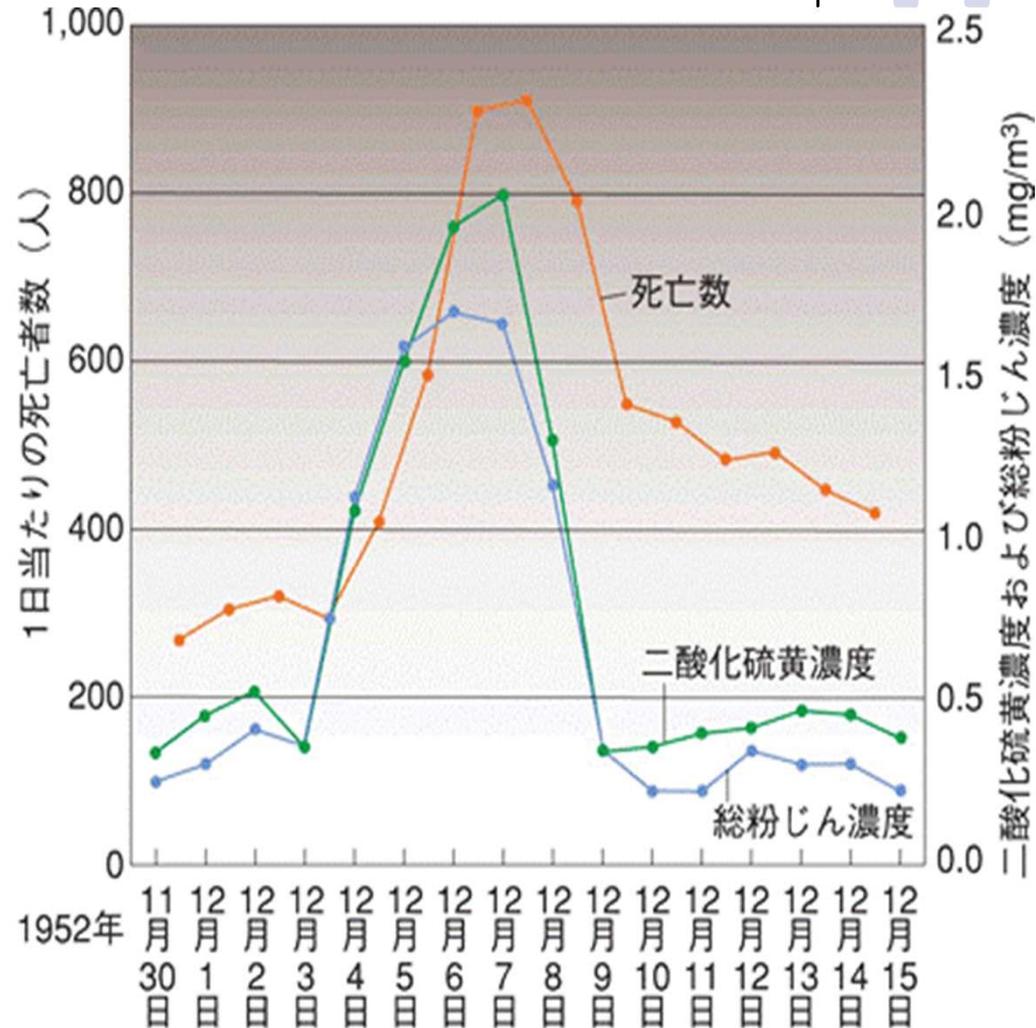
- 現在の大気汚染について
- 微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の健康影響
  - 海外における知見
  - 日本における知見
- アジアにおける大気汚染の現状
- 大気汚染への対策

# ロンドンスモッグ事件

## (1952年12月)



- 石炭暖房による高濃度二酸化硫黄の発生
- 2週間で約4,000名の過剰死亡(その後の影響を含め8,000名)
- 特に、気管支炎による死亡の増加、心疾患のある人への影響が大

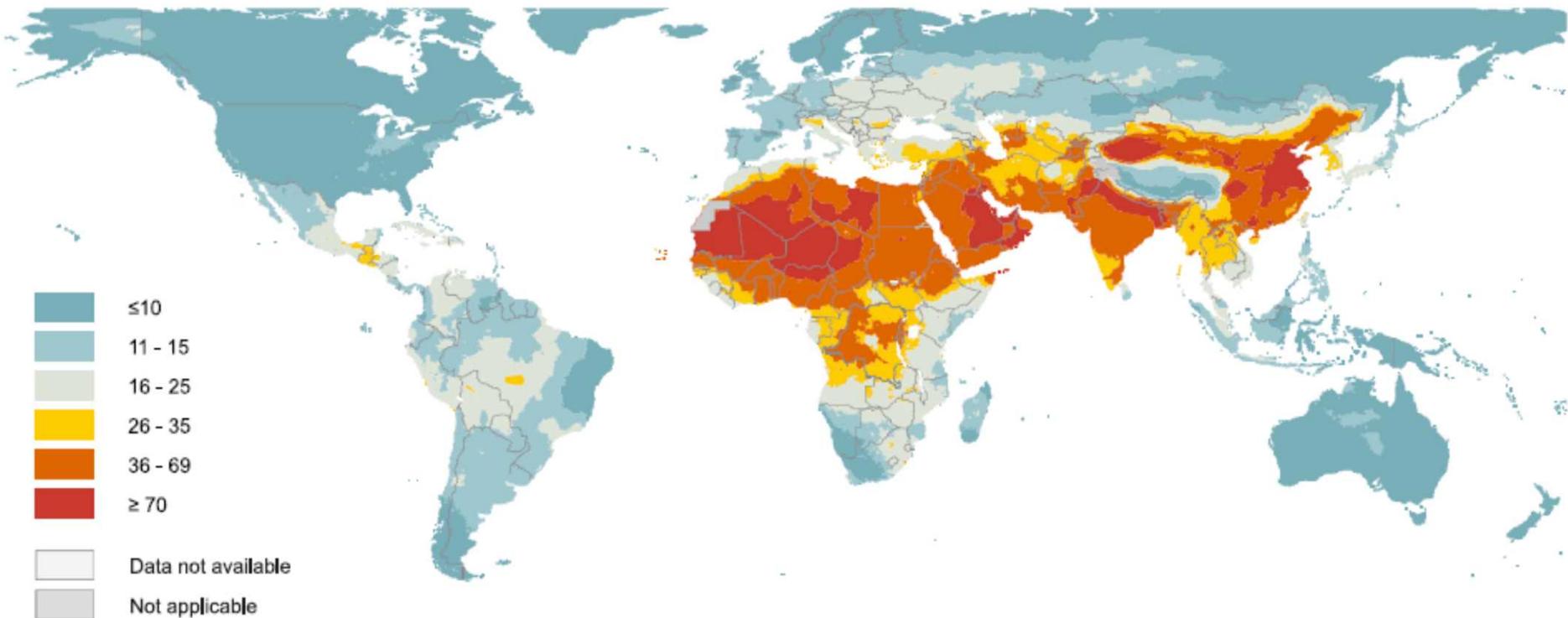


出典：Wilkins E.T., Air pollution and the London fog of December, 1952. J.Royal. Sanitary Institute. 74(1):1-21(1954)

# WHO releases country estimates on air pollution exposure and health impact

27 SEPTEMBER 2016 | GENEVA - A new WHO air quality model confirms that 92% of the world's population lives in places where air quality levels exceed WHO limits\*. Information is presented via interactive maps, highlighting areas within countries that exceed WHO limits.

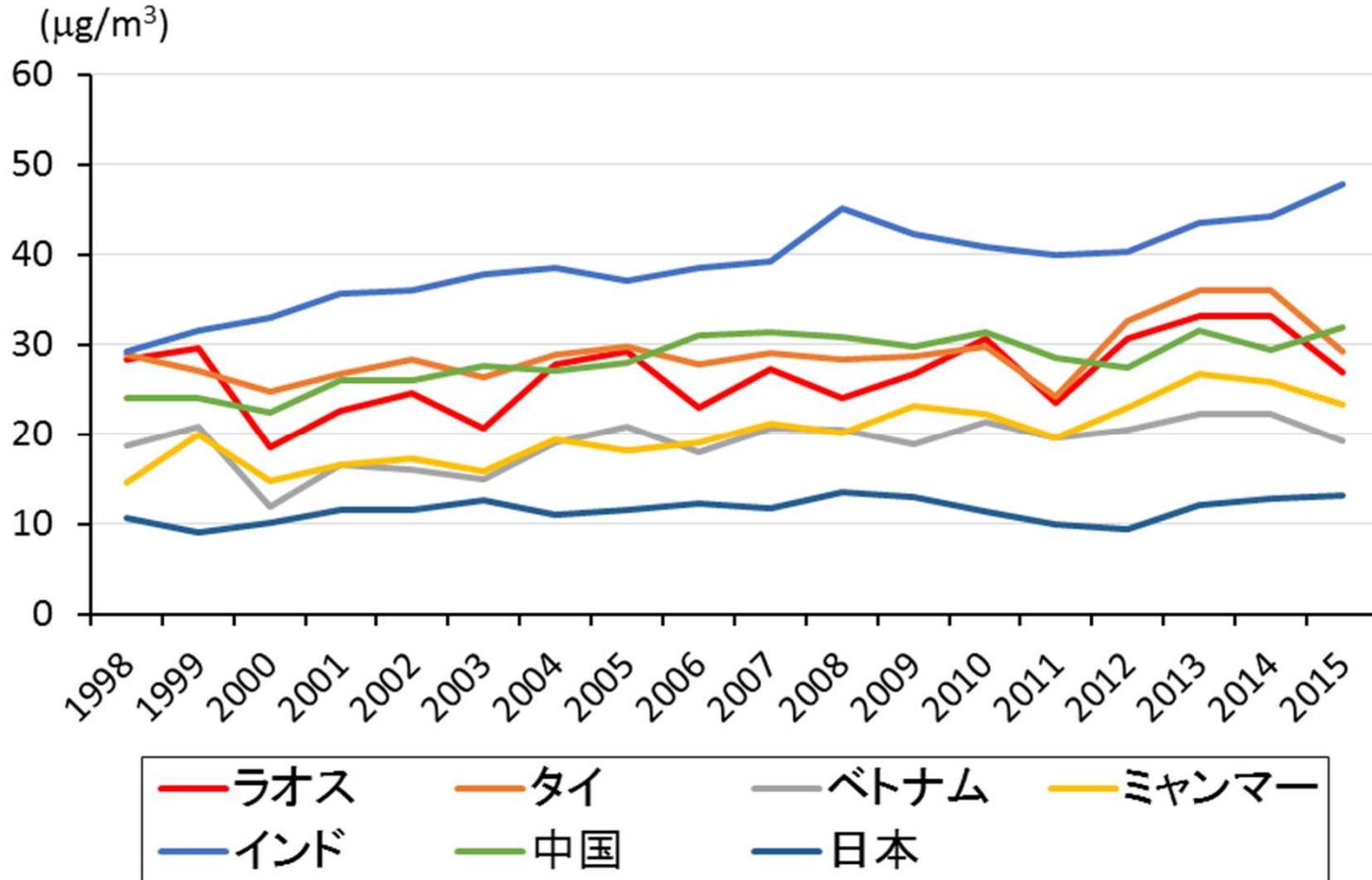
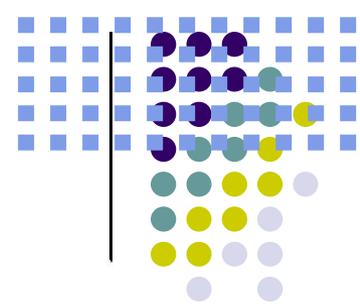
世界人口の92%は、大気汚染レベルがWHO指針値を超える地域に居住している。



PM<sub>2.5</sub>: Fine particulate matter of 2.5 microns or less.

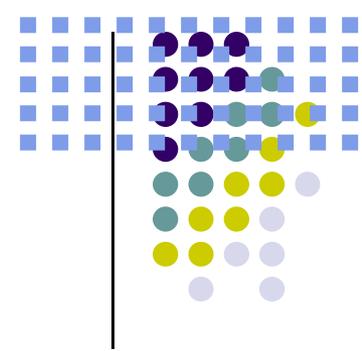
# 国別PM<sub>2.5</sub>濃度の推移

衛星からの観測による推計値(年平均)



出典: Dalhousie University (Canada), Atmospheric Composition Analysis Group, <http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/>

# 国別PM<sub>2.5</sub>推計濃度と 大気汚染による死亡数

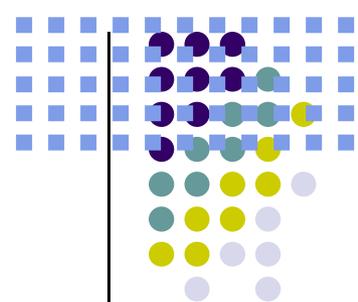


	PM <sub>2.5</sub> 推計濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		大気汚染による推計死亡数 (人口10万人当たり)		
	全国	都市部	総数	女性	男性
インド	62	66	68	57	80
ラオス	27	34	52	45	60
タイ	25	27	28	21	35
ベトナム	26	28	33	21	48
中国	54	59	70	60	81
日本	13	13	9	5	13
米国	8	8	7	5	9

(World Health Organization 2016)

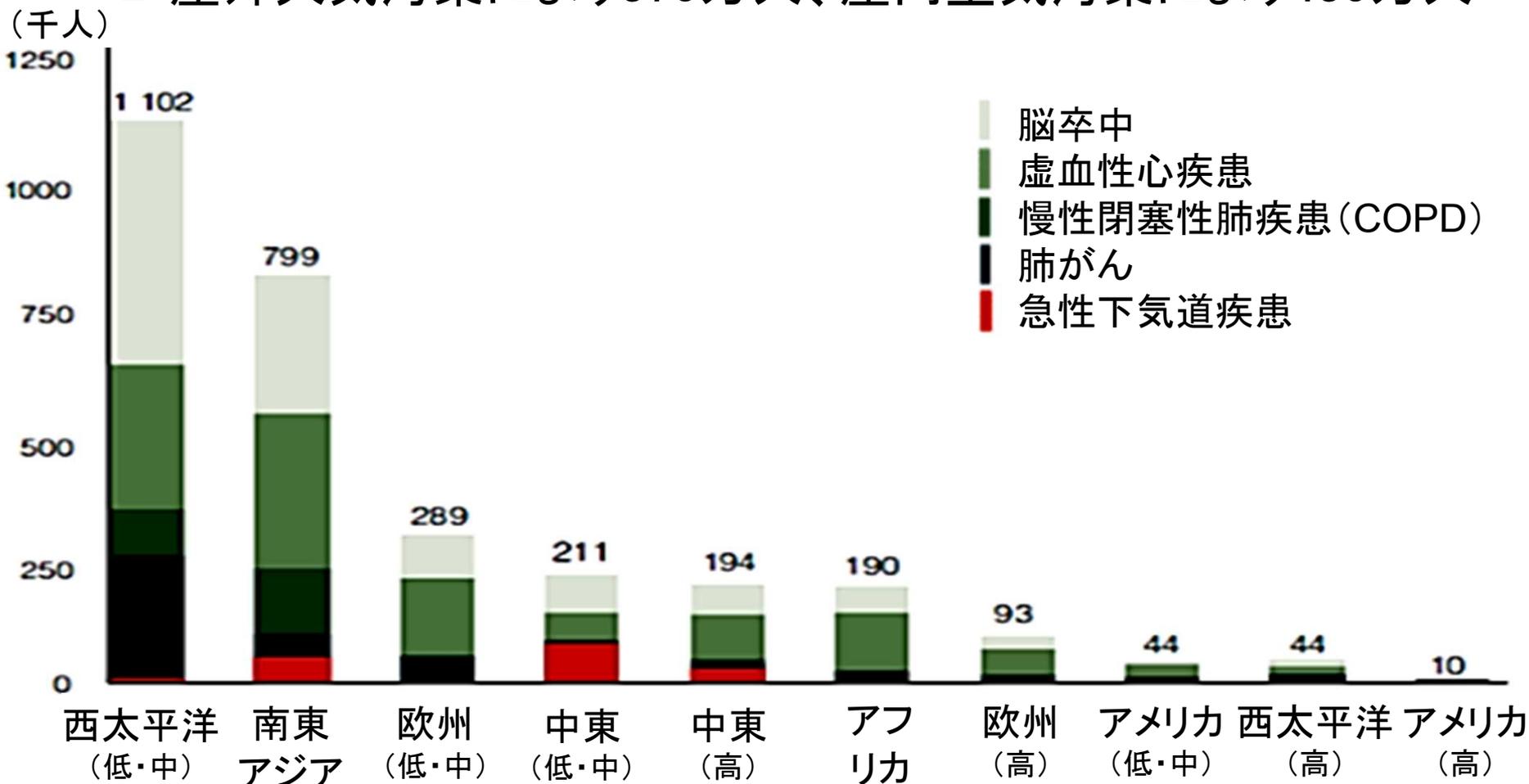
# 空気汚染による死亡者数

世界保健機関(WHO)の推計(2012年)



■ 全世界で約700万人

■ 屋外大気汚染により370万人、屋内空気汚染により430万人

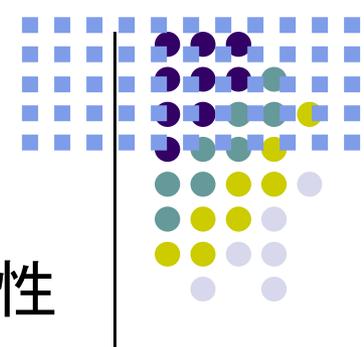


(World Health Organization 2016)

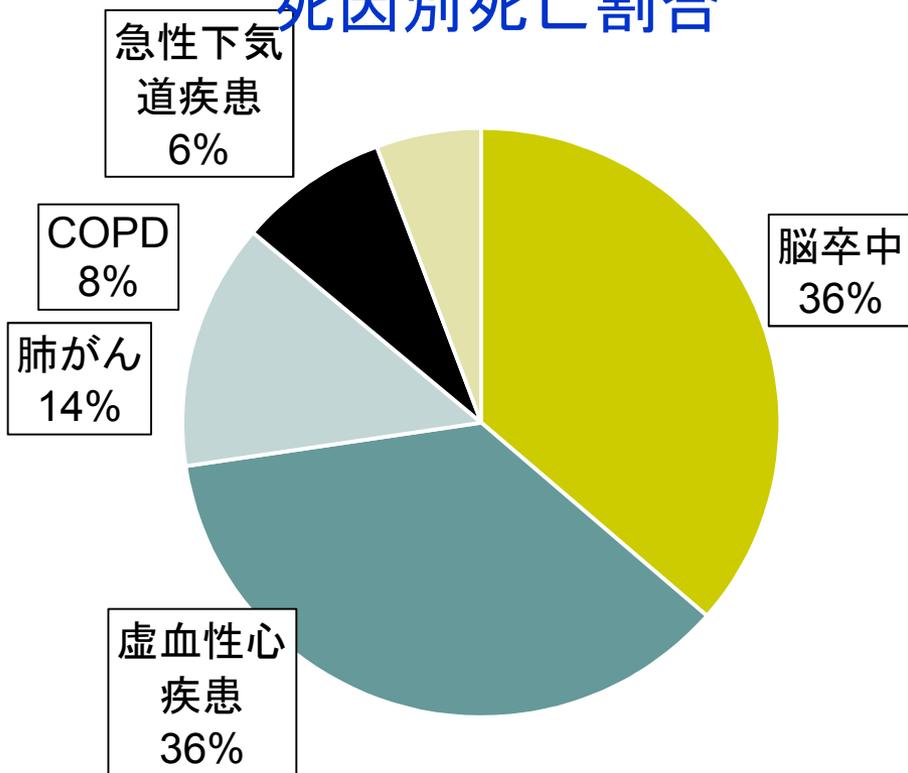
# 空気汚染による死亡原因

## 世界保健機関(WHO)の推計(2012年)

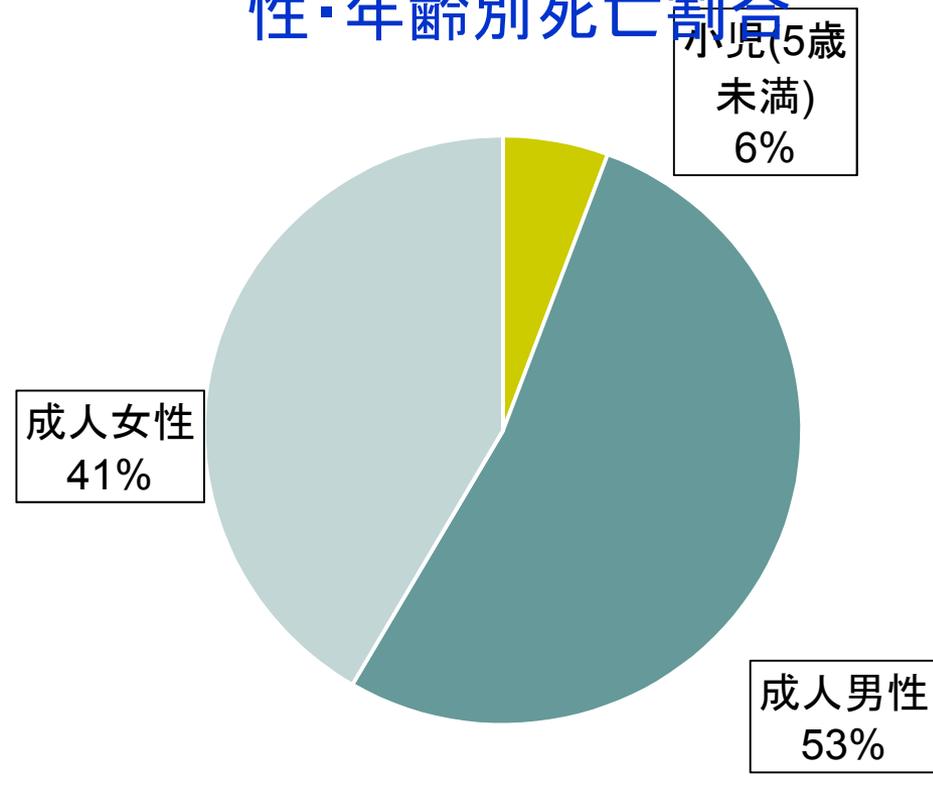
- 虚血性心疾患(36%), 脳卒中(36%), 肺がん(14%), 慢性閉塞性肺疾患(COPD)(8%)が多い。
- 5歳未満の小児では急性下気道疾患のリスクが高い。



### 死因別死亡割合

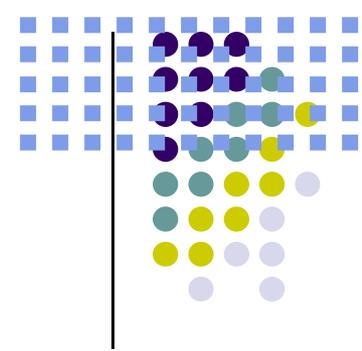


### 性・年齢別死亡割合



(World Health Organization 2016)

# Air pollution is an invisible killer.



We may not always see it, but air pollution is the cause of some of our most common illnesses.

大気汚染は目に見えないが、多くの疾患による死亡と関連している。

**36%**

of deaths from lung cancer

肺がん死亡の36%

**35%**

of deaths from COPD

(Pulmonary disease)

COPD死亡の35%

**34%**

of deaths from stroke

脳卒中死亡の34%

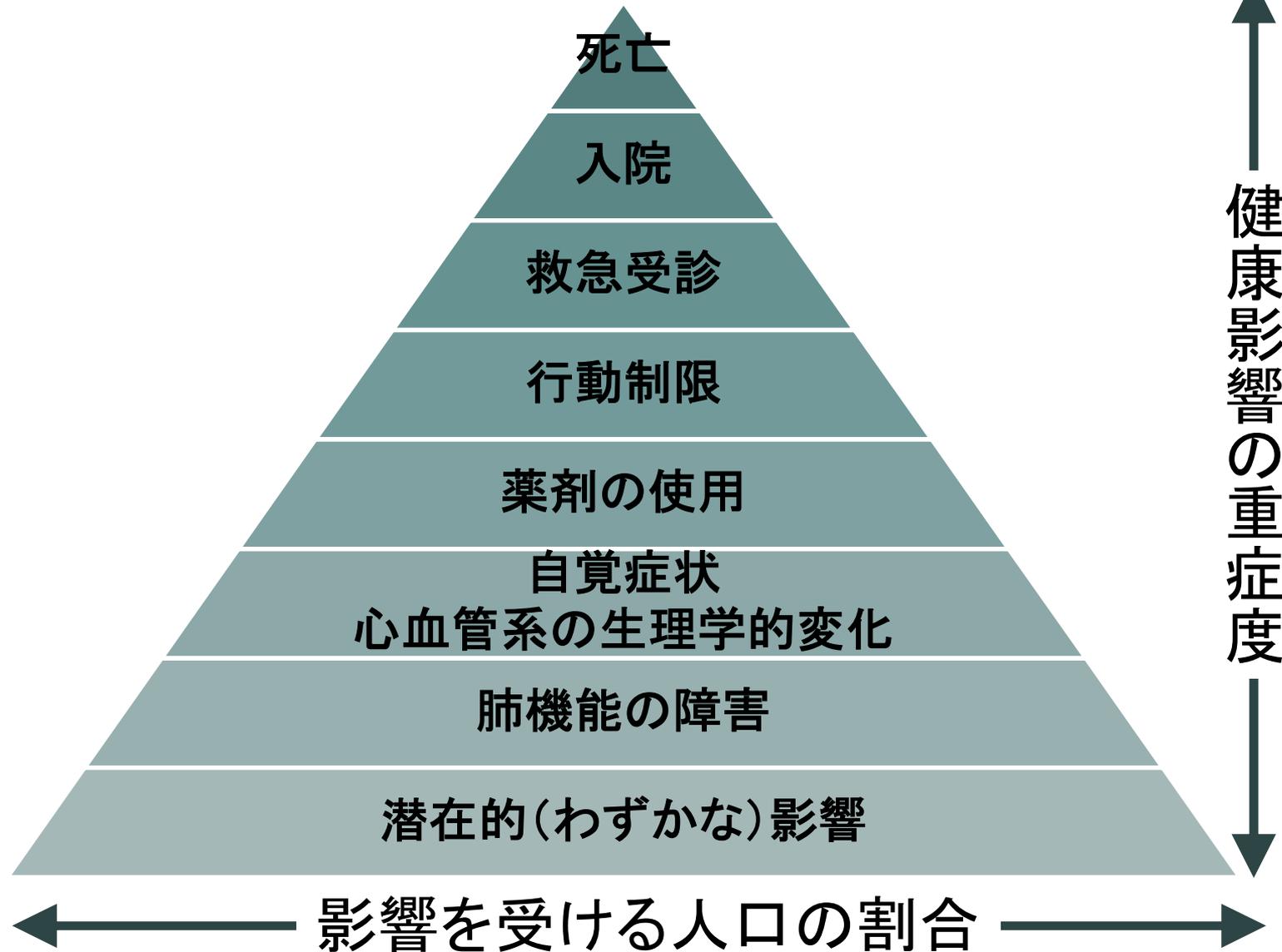
**27%**

of deaths from heart

disease

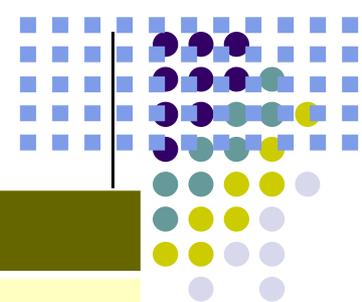
虚血性心疾患死亡の27%

# 大気汚染の健康影響の程度



(WHO Air Quality Guidelines: Global Update 2005)

# 大気汚染の健康影響の種類



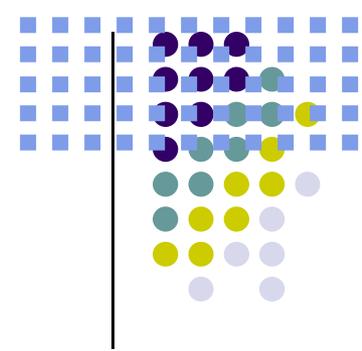
## 短期曝露による影響

- 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
- 仕事の欠勤、学校の欠席
- 急性症状(喘鳴、咳嗽、喀痰、呼吸器感染症)
- 生理機能の変化(肺機能など)

## 長期曝露による影響

- 心血管系・呼吸器系疾患による死亡
- 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、慢性の病的変化)
- 慢性的な生理機能の変化
- 肺癌
- 慢性の心血管系疾患
- 子宮内発育の制限(低出生体重児、子宮内発育遅延)

# 粒子状物質の定義



- 浮遊粒子状物質

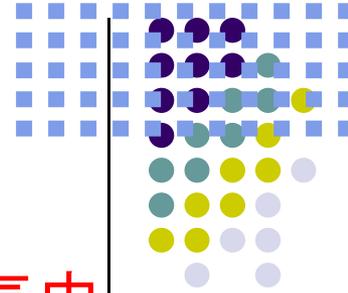
## Suspended Particulate Matter (SPM)

- 大気中に比較的長く浮遊し、呼吸器系に吸入される粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子

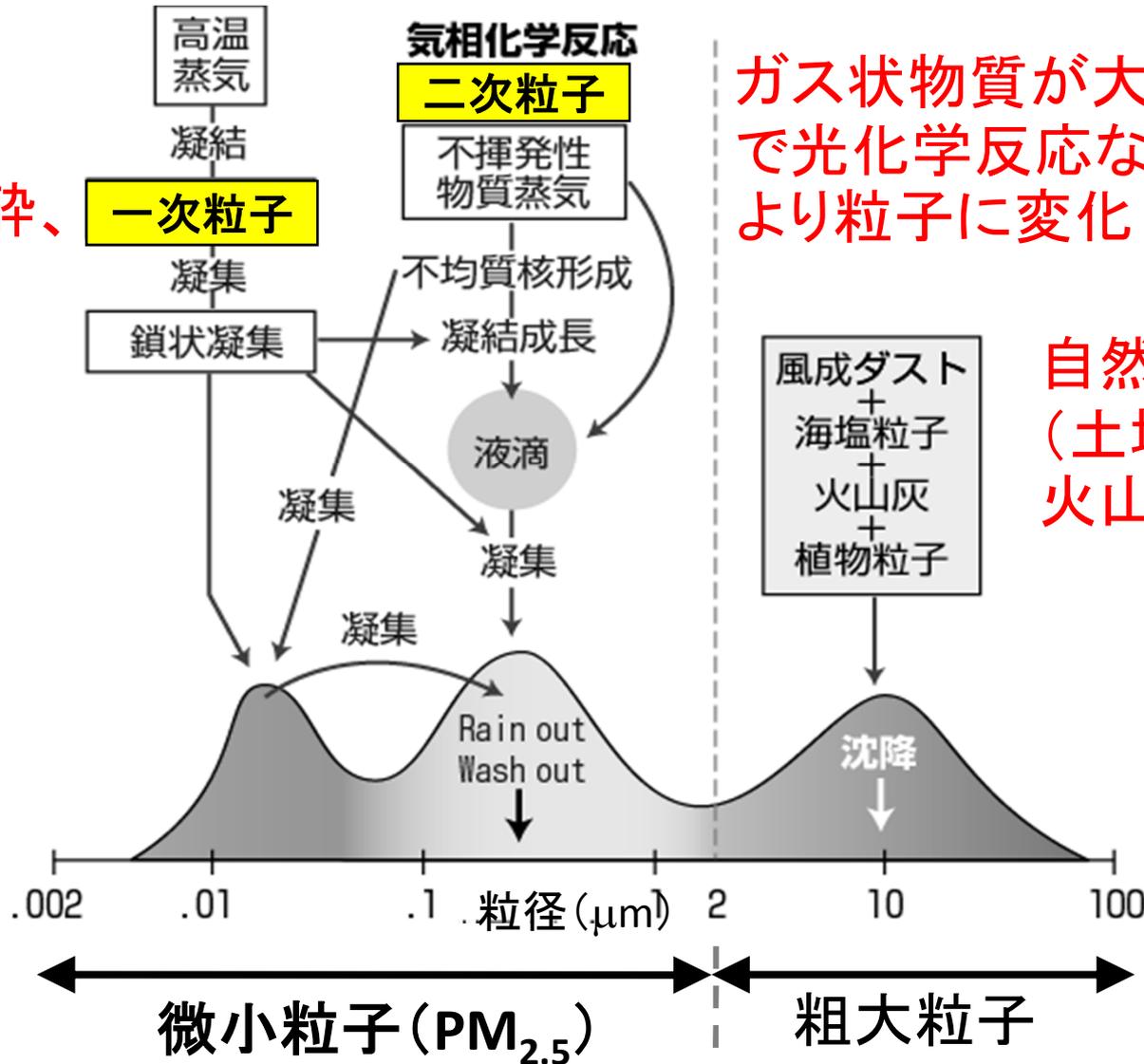
- 微小粒子状物質 ( $\text{PM}_{2.5}$ )

- 粒子状物質の中でも粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小なもの
- 呼吸器系の深部まで到達しやすく、粒子表面に様々な有害成分が吸収・吸着されていること等から健康影響が懸念されている。

# 大気中粒子状物質の粒径分布

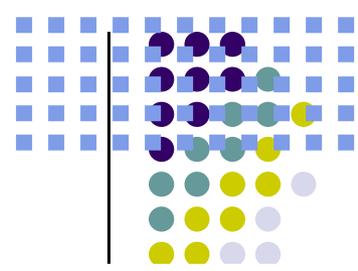


燃焼、破碎、  
飛散等

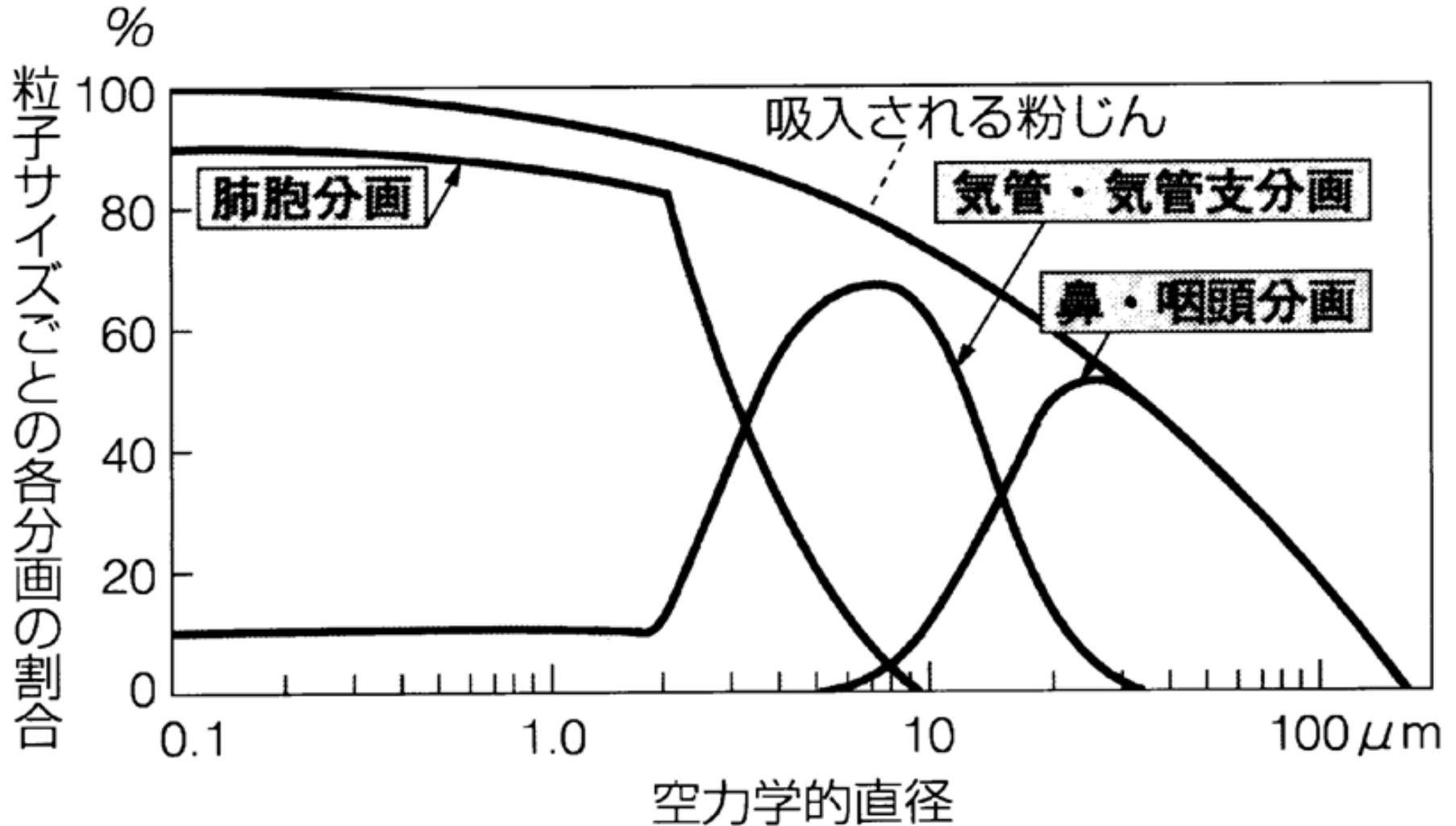


ガス状物質が大気中  
で光化学反応など  
により粒子に変化

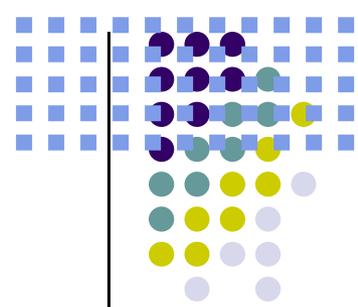
自然界由来  
(土壌、海塩、  
火山灰など)



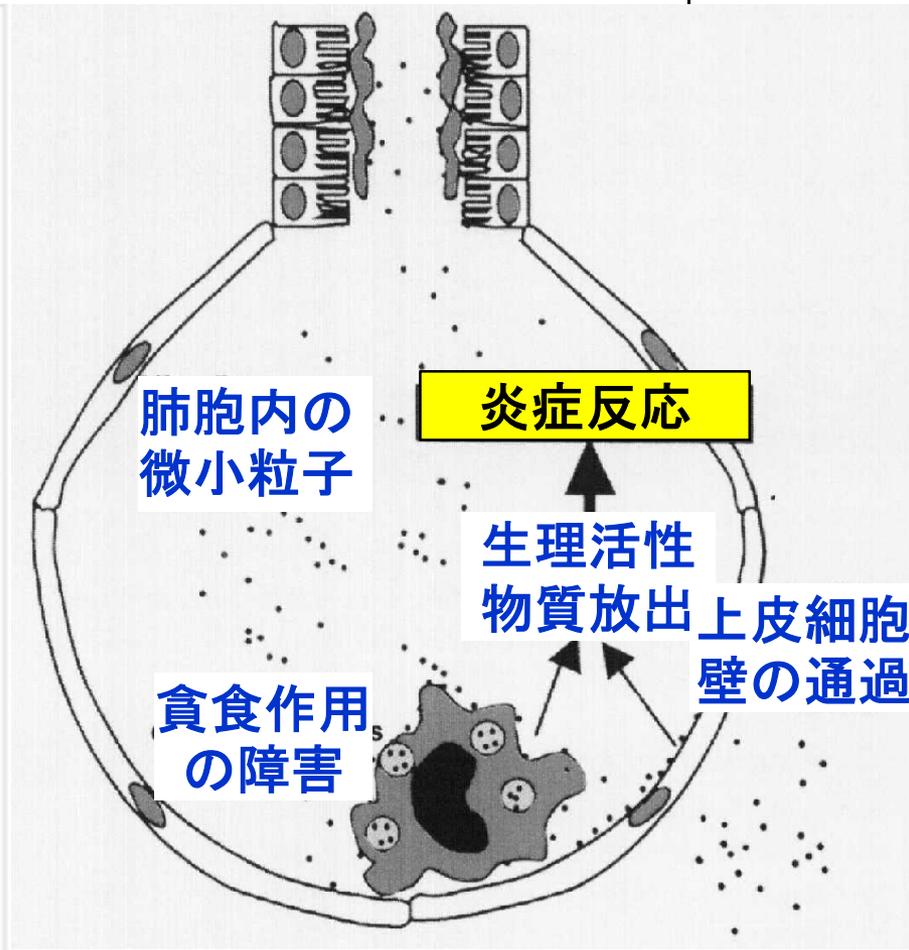
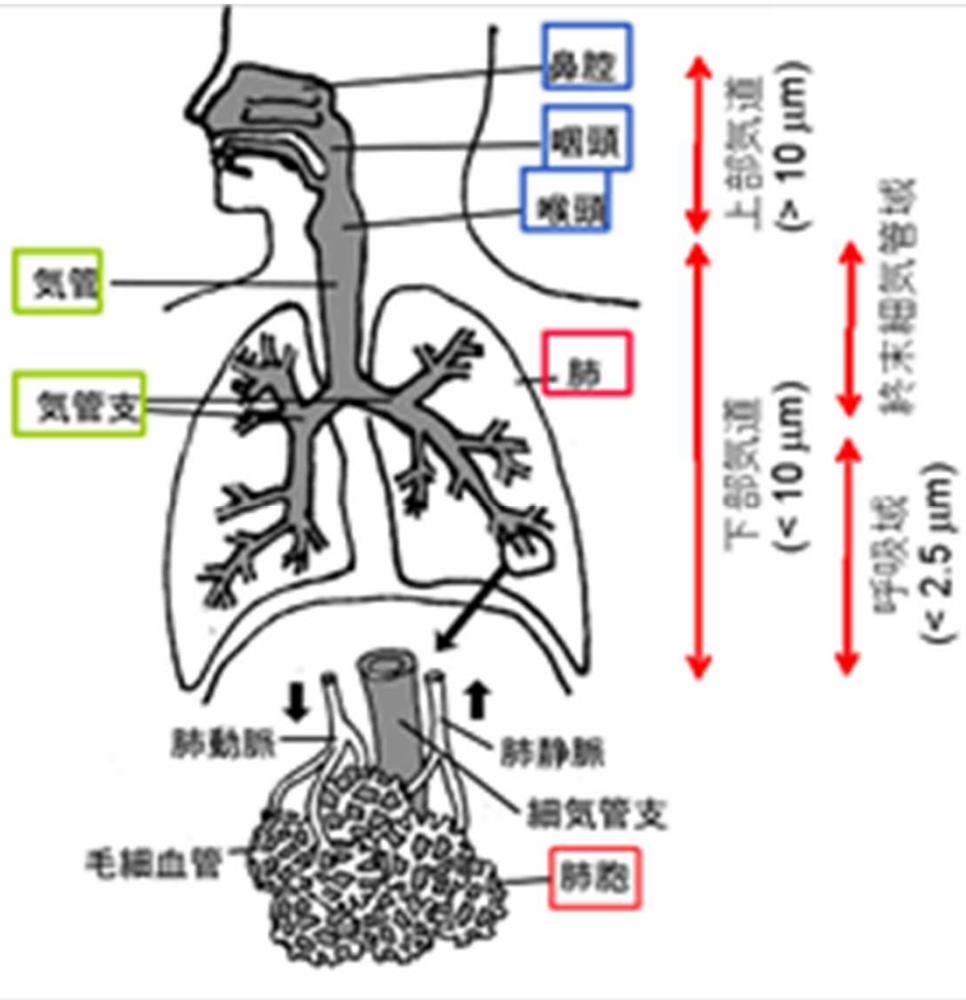
# 粒子状物質の呼吸器への沈着



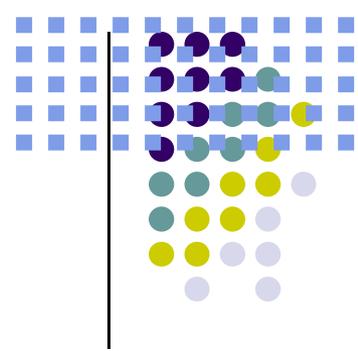
(ISO, 1981)



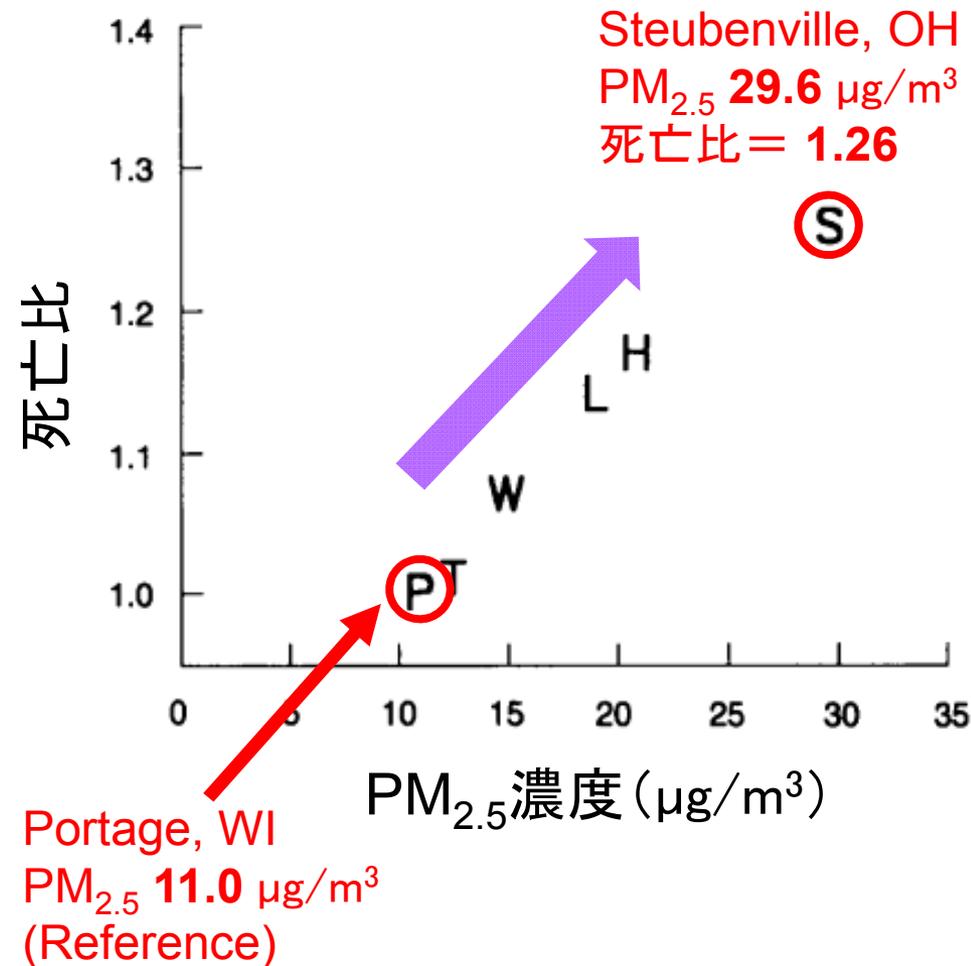
# 粒子の大きさと呼吸器への沈着



# 微小粒子(PM<sub>2.5</sub>)の健康影響

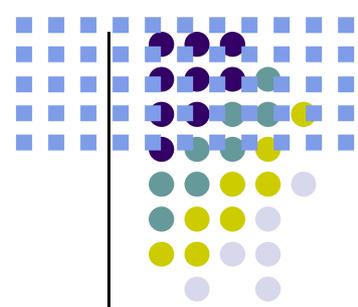


- 米国東部6都市の住民約8,000人を14～16年にわたって追跡調査
- 年齢、性、喫煙、職業等を調整した死亡率は、大気汚染レベルの高い都市ほど高く、各都市のPM<sub>2.5</sub>濃度との間に強い関連が認められた。



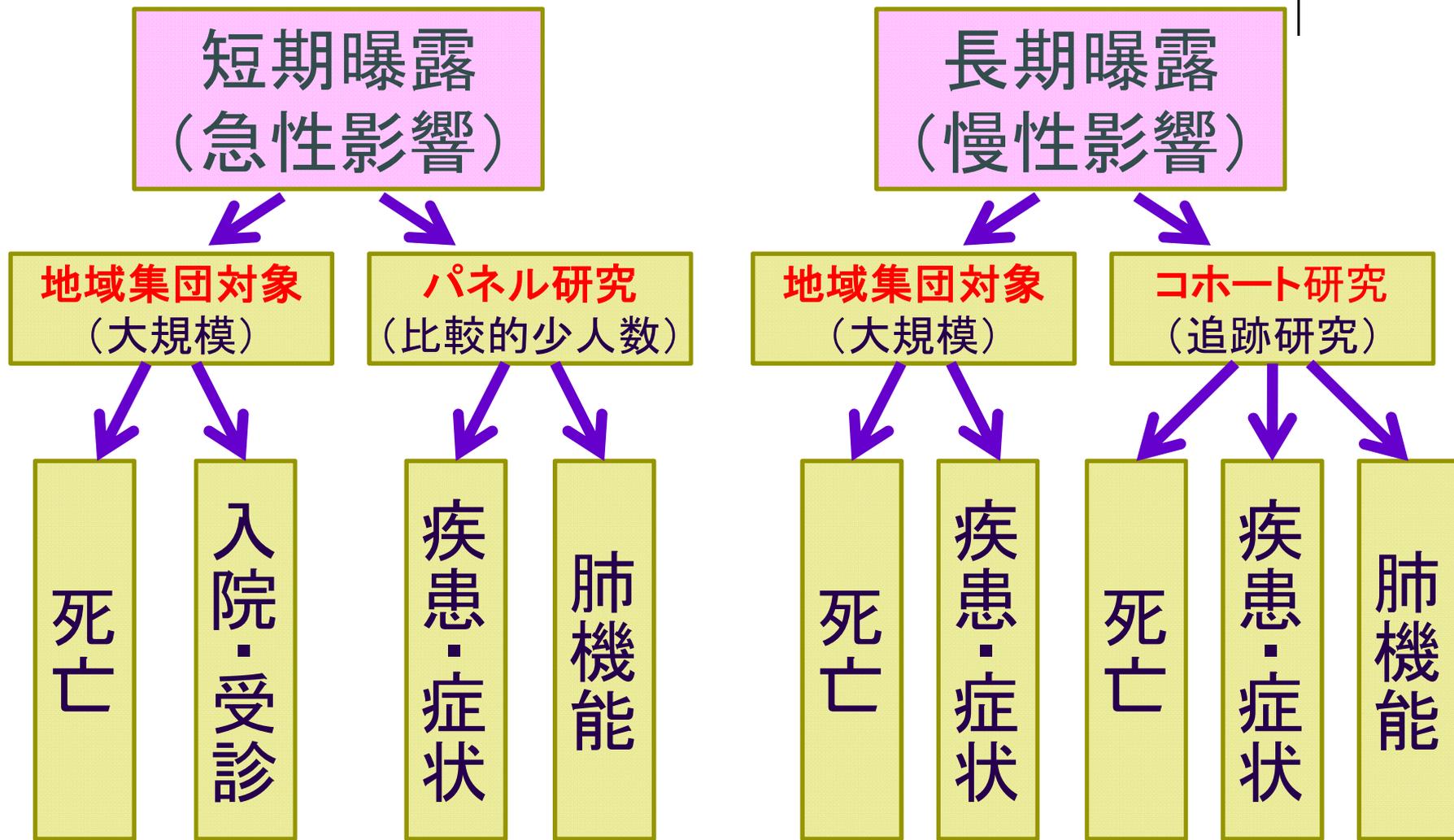
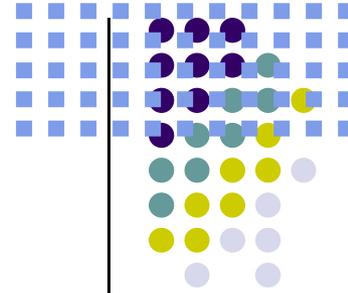
(Dockery DW, et al. N Engl J Med, 329: 1753-9, 1993)

# 微小粒子(PM<sub>2.5</sub>)の健康影響

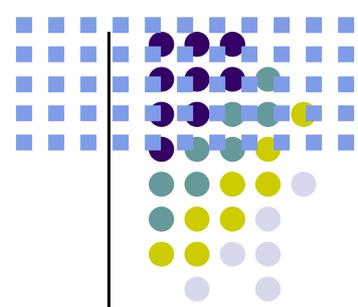


- 1990年代以降、諸外国で、大気中微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)と呼吸器・循環器系疾患による受診、入院、死亡との関係が示され、近年は虚血性心疾患に及ぼす影響が注目されている。
- 日本でも、PM<sub>2.5</sub>濃度と呼吸器疾患による日死亡、喘息児の症状増悪などとの関連が認められている。

# 大気汚染物質の健康影響に関する研究のデザイン

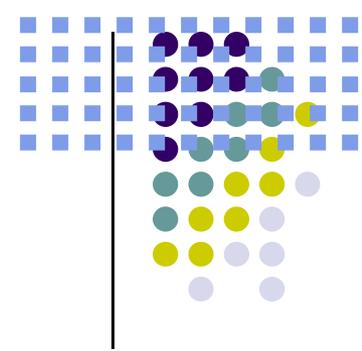


# PM<sub>2.5</sub>短期曝露と死亡の関連

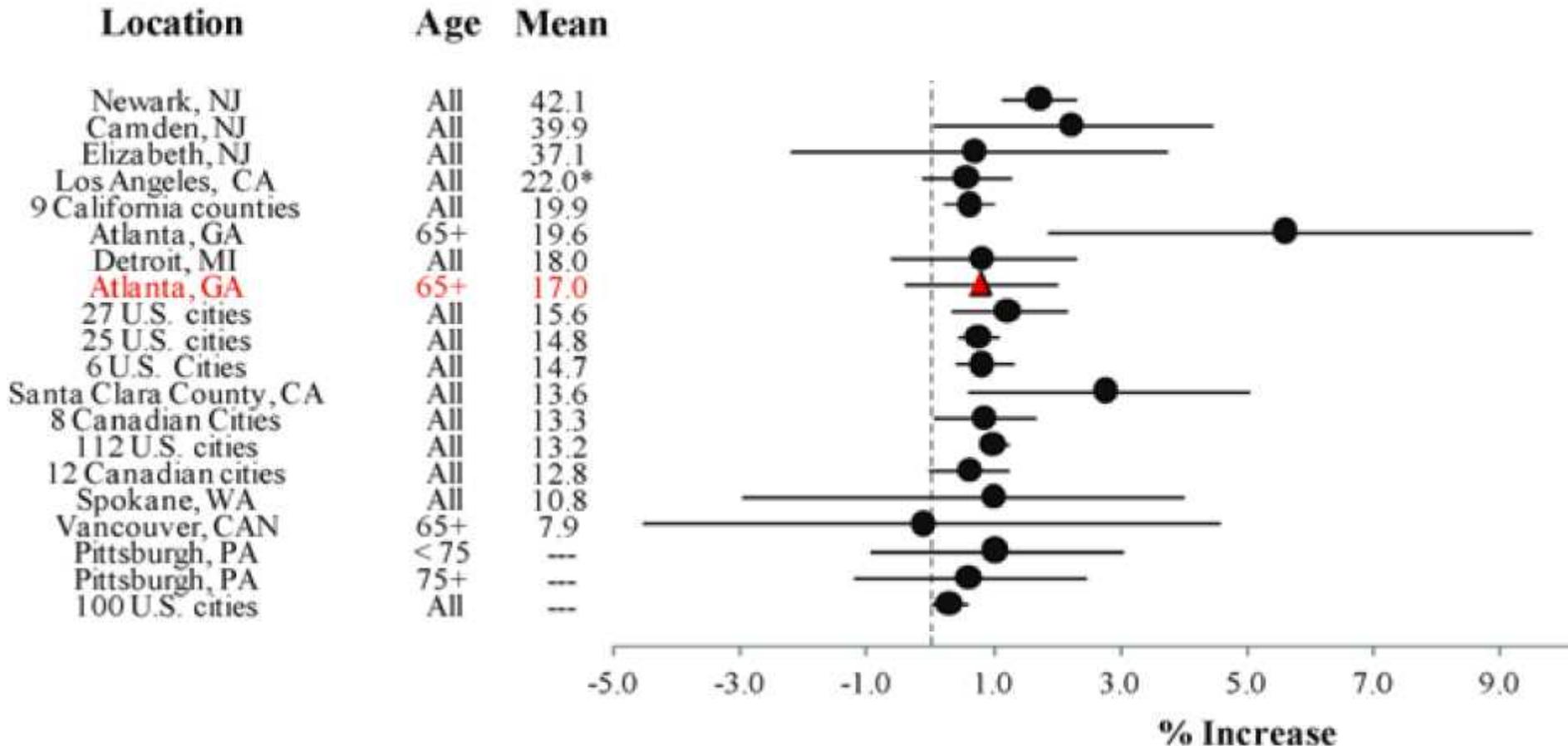


- PM<sub>2.5</sub>濃度が上昇すると、当日または数日以内に死亡する人が増加するという関連が報告されている。
- PM<sub>2.5</sub>日平均濃度10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇あたりの増加
  - 全死亡(外因死を除く) 0.3~1.2%
  - 心血管系疾患による死亡 1.2~2.7%
  - 呼吸器系疾患による死亡 0.8~2.7%
- こうした関連性は、PM<sub>2.5</sub>の日平均濃度が12.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の場合に観察されている。

# PM<sub>2.5</sub>短期曝露による死亡リスク

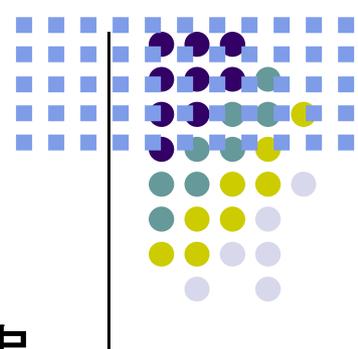


全死亡(外因死を除く)の増加率  
(PM<sub>2.5</sub>日平均濃度10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇あたり)



(U.S. EPA. 2012)

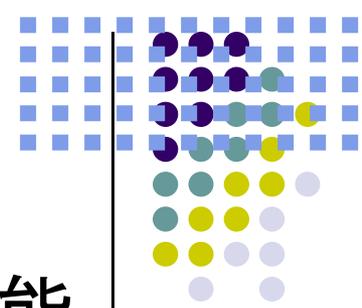
# 呼吸器疾患による入院・救急受診



- PM<sub>2.5</sub>への短期的曝露により、呼吸器疾患による救急受診や入院が増加することが報告されている。
- 慢性閉塞性肺疾患（COPD）や呼吸器感染症による受診や入院は、PM<sub>2.5</sub>の日平均値が6.1～22.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で観察されている。
- 喘息による受診や入院との関連も多くの研究で認められているが、小児については必ずしも一致した結論は得られていない。

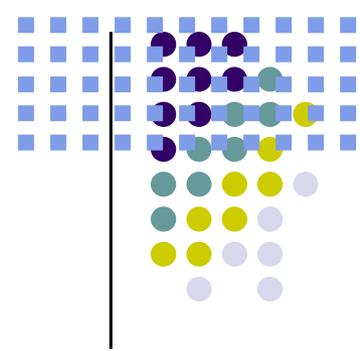
(U.S. EPA. 2012)

# 肺機能の変化



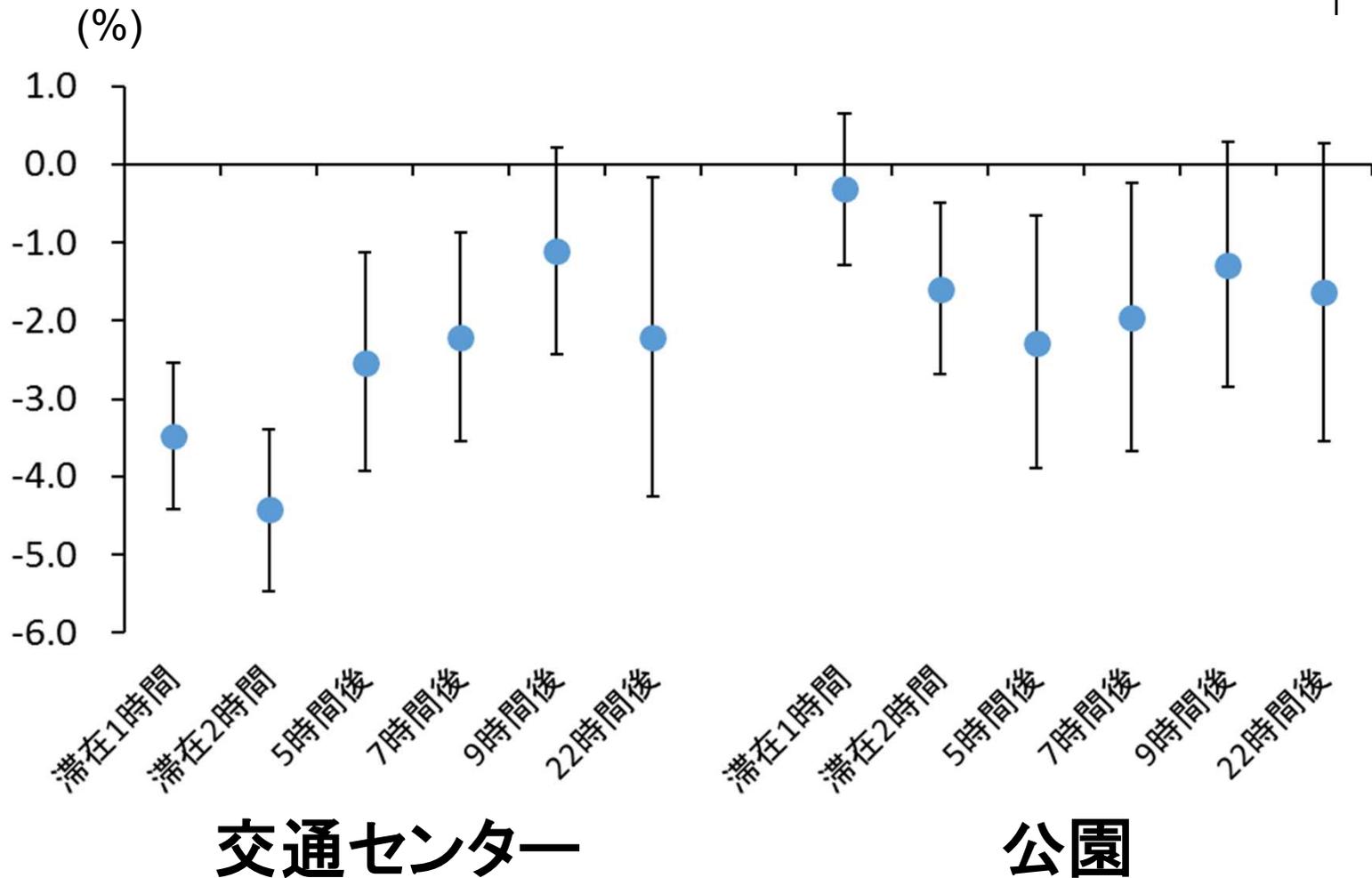
- ピークフロー値（最大呼気流量）等の肺機能の日単位の変化との関連が検討されている。
  - 喘息患者を対象とした研究
    - ピークフロー値はPM<sub>2.5</sub>濃度が増加すると有意に低下するものが多い。
    - 1秒量についても同様の関連が認められている。
  - 喘息患者以外（健常者）を対象とした研究
    - 報告数は少なく、明らかな関連性を認めていないものが多い。
- ピークフロー値(PEF):できるだけ早く息を吐き出す速度(最大呼気流量)
- 1秒量(FEV<sub>1</sub>):努力呼出の開始から1秒間に呼出した空気の量

(U.S. EPA. 2012)



# 肺機能(1秒量)の変化

北京における調査(各地点に2時間滞在)

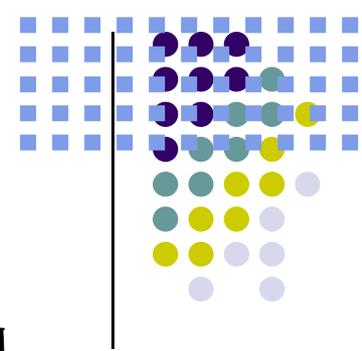


(Huang, et al. Environ Health Prev Med, 21: 312-320, 2016)

# 循環器疾患による入院・救急受診

- PM<sub>2.5</sub>への曝露と循環器疾患（主に虚血性心疾患、うっ血性心不全）による救急受診や入院の増加との関連が多数報告されている。
  - 日平均値が7.0～18.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で認められる。
- PM<sub>2.5</sub>への短期的な曝露と脳卒中の発症との関連も示されている。
  - 脳梗塞発症リスクは日平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上では15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満の日よりも34%増加する。

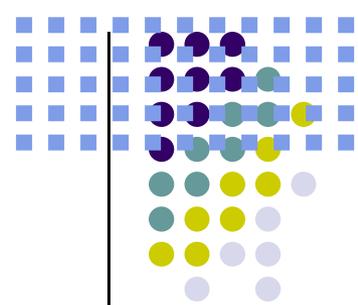
# 循環器系の所見との関連



- PM<sub>2.5</sub>への曝露濃度の上昇により、以下の所見が報告されている。
  - 心拍数の増加
  - 心拍変動の低下
  - 安静時血圧の上昇
  - 不整脈の発生
  - 血液生化学指標の変化

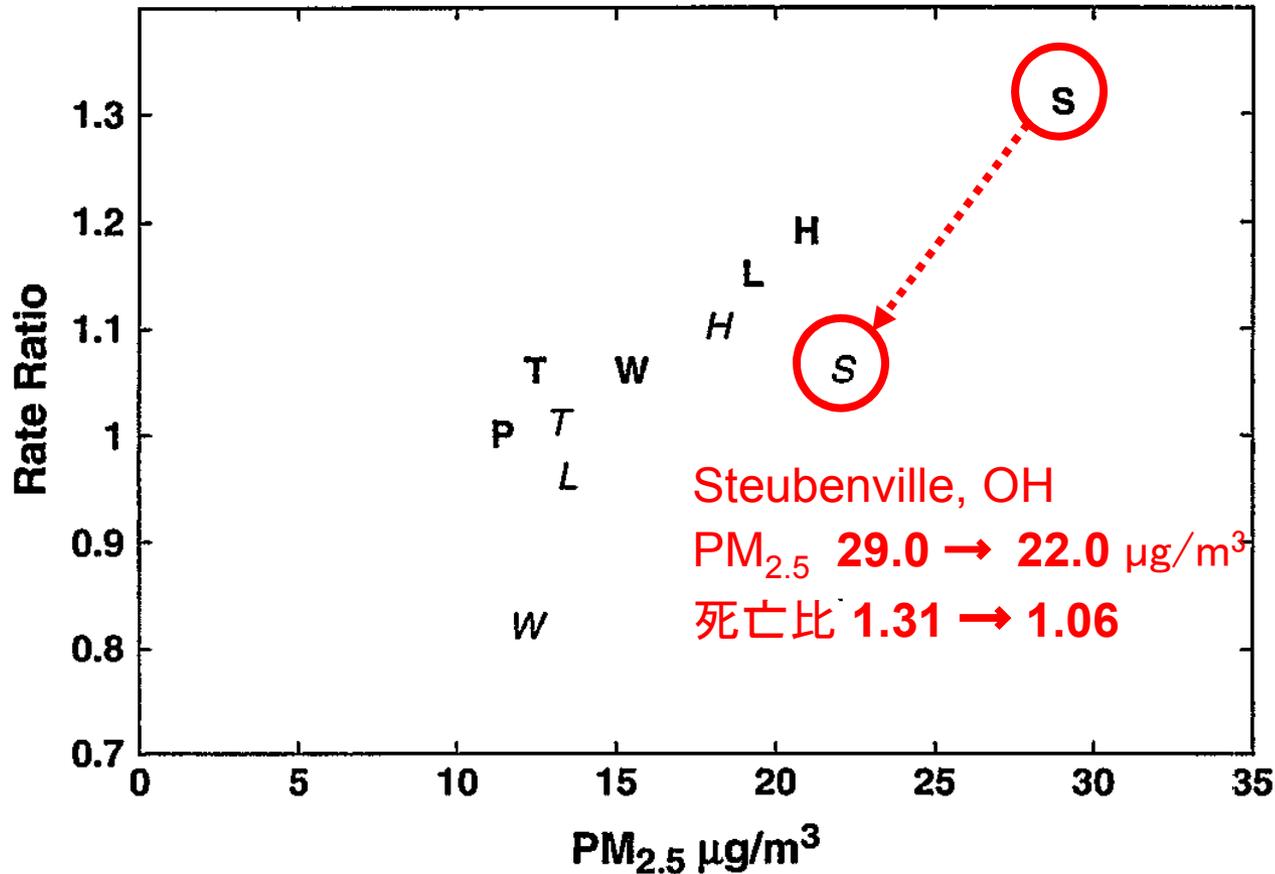
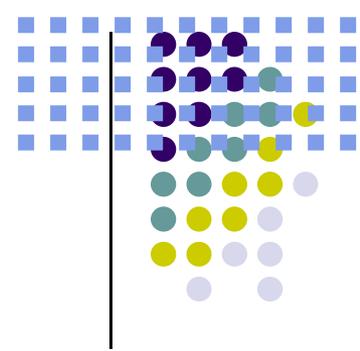
# 長期曝露の死亡への影響①

- 死亡をエンドポイントとした長期曝露影響は、主にコホート研究によって検討されている。
- 米国ハーバード6都市研究
  - 約8,000人を14～16年間追跡
  - 都市別の死亡率は、大気中のPM<sub>2.5</sub>及び硫酸塩の濃度との関連が強い。
  - PM<sub>2.5</sub>濃度と全死亡、循環器・呼吸器疾患による死亡との間に有意な正の関連がみられた。
  - 観察期間を8年間延長しても同様の結果であった。
  - この間のPM<sub>2.5</sub>濃度の改善が全死亡の減少と関連があった。



# 微小粒子と死亡(全死因)との関連

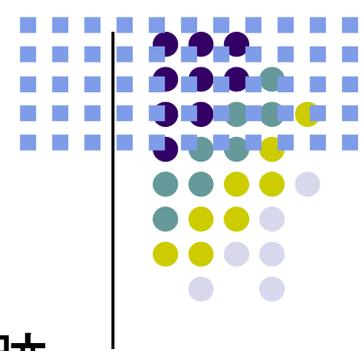
## 米国6都市調査



太字: 第1期(1980-1985年), 斜体字: 第2期(1990-1998年)

(Laden, et al. Am J Respir Crit Care Med 173: 667-672, 2006)

# 長期曝露の死亡への影響②



- 米国がん協会 (ACS) 研究
  - 米国50都市、約50万人を1982～1998年追跡
  - PM<sub>2.5</sub>濃度10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇に伴う死亡リスク

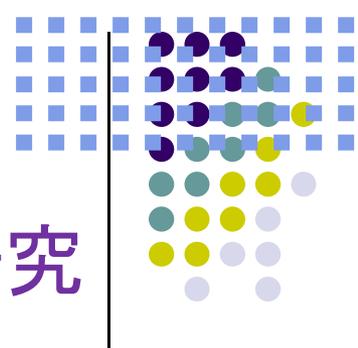
**Table 2.** Adjusted Mortality Relative Risk (RR) Associated With a 10- $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Change in Fine Particles Measuring Less Than 2.5  $\mu\text{m}$  in Diameter

死 因	Adjusted RR (95% CI)*		
	1979-1983	1999-2000	Average
全 死 因	1.04 (1.01-1.08)	1.06 (1.02-1.10)	1.06 (1.02-1.11)
心 肺 疾 患	1.06 (1.02-1.10)	1.08 (1.02-1.14)	1.09 (1.03-1.16)
肺 が ん	1.08 (1.01-1.16)	1.13 (1.04-1.22)	1.14 (1.04-1.23)
そ の 他	1.01 (0.97-1.05)	1.01 (0.97-1.06)	1.01 (0.95-1.06)

\*Estimated and adjusted based on the baseline random-effects Cox proportional hazards model, controlling for age, sex, race, smoking, education, marital status, body mass, alcohol consumption, occupational exposure, and diet. CI indicates confidence interval.

(Pope III, et al. JAMA 287: 1132-41, 2002)

# 長期曝露の死亡・疾患発症への影響



- 米国の閉経後女性を対象としたコホート研究

- 米国36地区、約66,000人を追跡

- PM<sub>2.5</sub>濃度10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇に伴うリスク

- 死亡

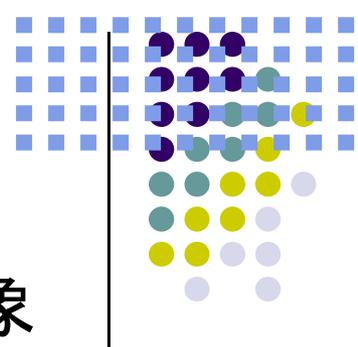
- 循環器疾患 1.83 (1.11-3.00)
- 冠動脈疾患 2.21 (1.17-4.16)

- 発症

- 全循環器疾患 1.24 (1.09-1.41)
- 冠動脈疾患 1.21 (1.04-1.42)
- 心筋梗塞 1.06 (0.85-1.34)
- 脳血管疾患 1.35 (1.08-1.68)
- 脳卒中 1.28 (1.02-1.61)

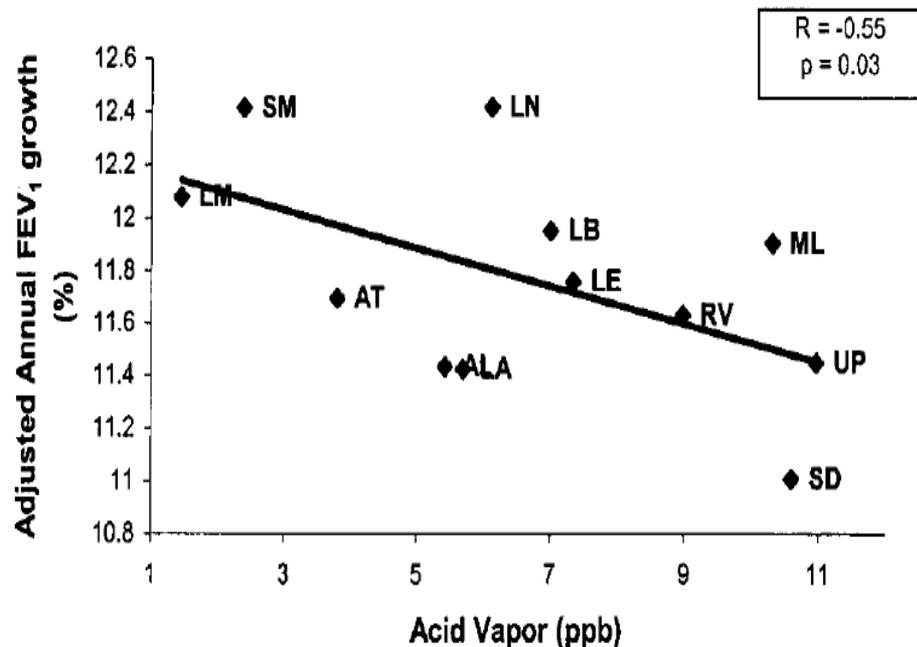
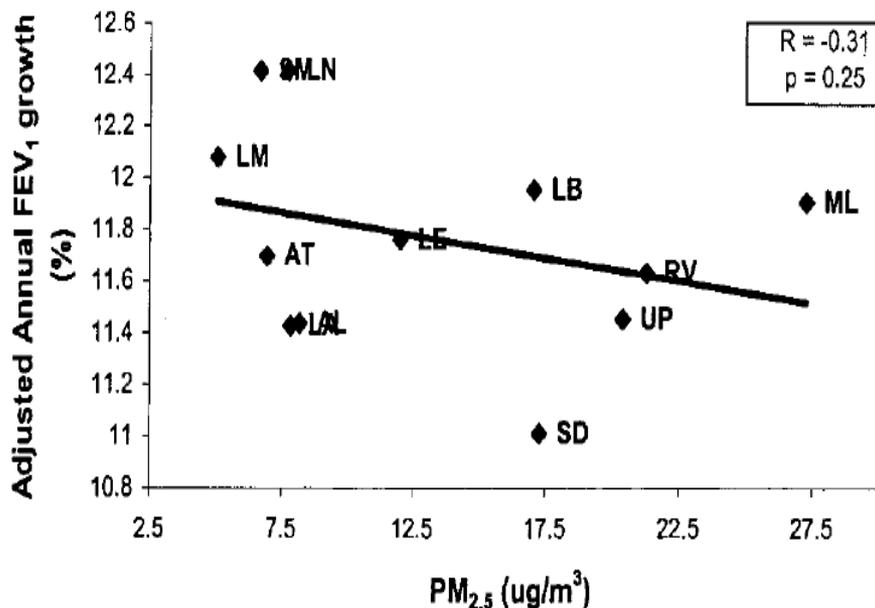
(Miller, et al. N Engl J Med 356: 447-58, 2007)

# 南カリフォルニアの小児追跡研究



南カリフォルニア12地域の小児(約1,700名)を対象に、10~18歳まで肺機能を毎年測定し、PM<sub>2.5</sub>等の大気汚染との関係性を評価した。

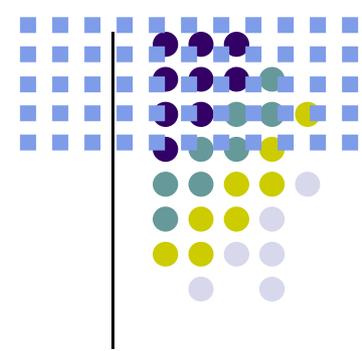
## 1秒量(FEV<sub>1</sub>)の年間成長率と大気汚染の関係



(Gauderman, et al. Am J Respir Crit Care Med 166:76-84, 2002)

# 1秒量(FEV<sub>1</sub>)の年間成長率

最高汚染地区と最低汚染地区の差(%)

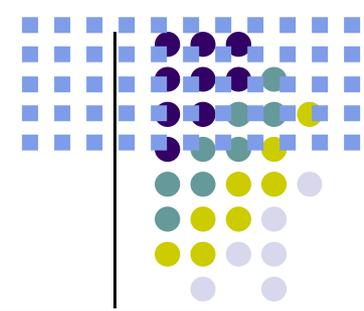


Pollutant <sup>‡</sup>	More Outdoors <sup>†</sup>		Less Outdoors	
	Difference in Growth <sup>‡</sup>			
	%	(95% CI)	%	(95% CI)
O <sub>3</sub> , 10 A.M.–6 P.M.	−0.83	(−1.66, 0.00)	−0.35	(−1.25, 0.56)
NO <sub>2</sub>	−0.82	(−1.56, −0.08)*	−0.21	(−1.03, 0.61)
Acid vapor	−1.01	(−1.65, −0.38)***	−0.31	(−1.11, 0.49)
PM <sub>10</sub>	−0.63	(−1.60, 0.35)	0.20	(−0.80, 1.21)
PM <sub>2.5</sub>	−0.80	(−1.51, −0.08)*	−0.01	(−0.86, 0.84)
EC	−0.74	(−1.44, −0.03)*	−0.09	(−0.87, 0.71)

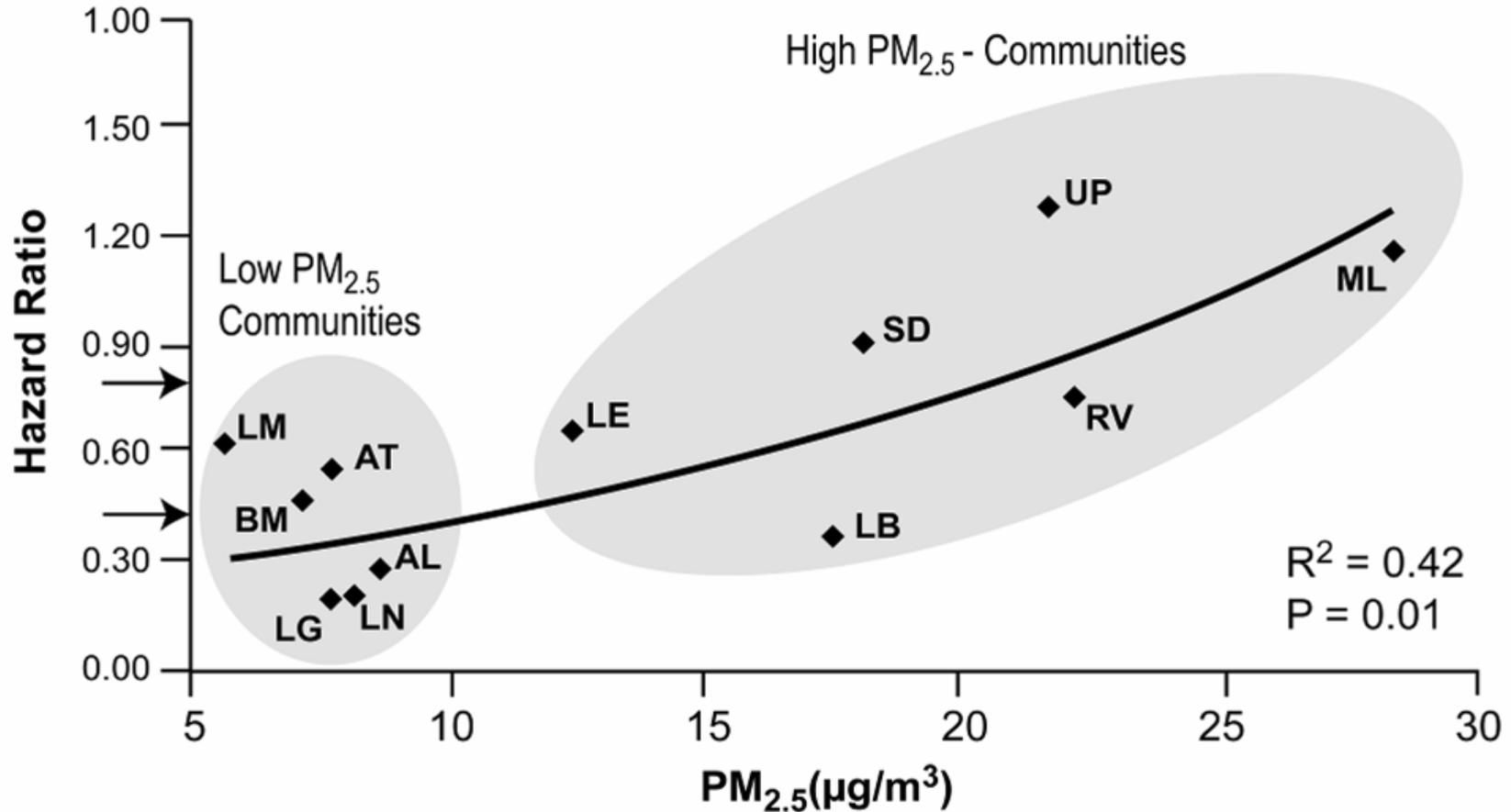
屋外で過ごす時間が長い子どものほうが肺機能の成長に対する大気汚染の影響が大きい。

(Gauderman, et al. Am J Respir Crit Care Med 166:76-84, 2002)

# 肺機能と喘息発症との関係

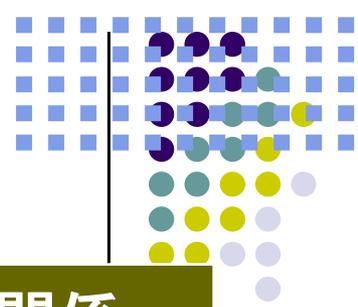


(カリフォルニア小児研究での8年間追跡)



HR(ハザード比): 肺機能高値者の、低値者に対する喘息罹患の比

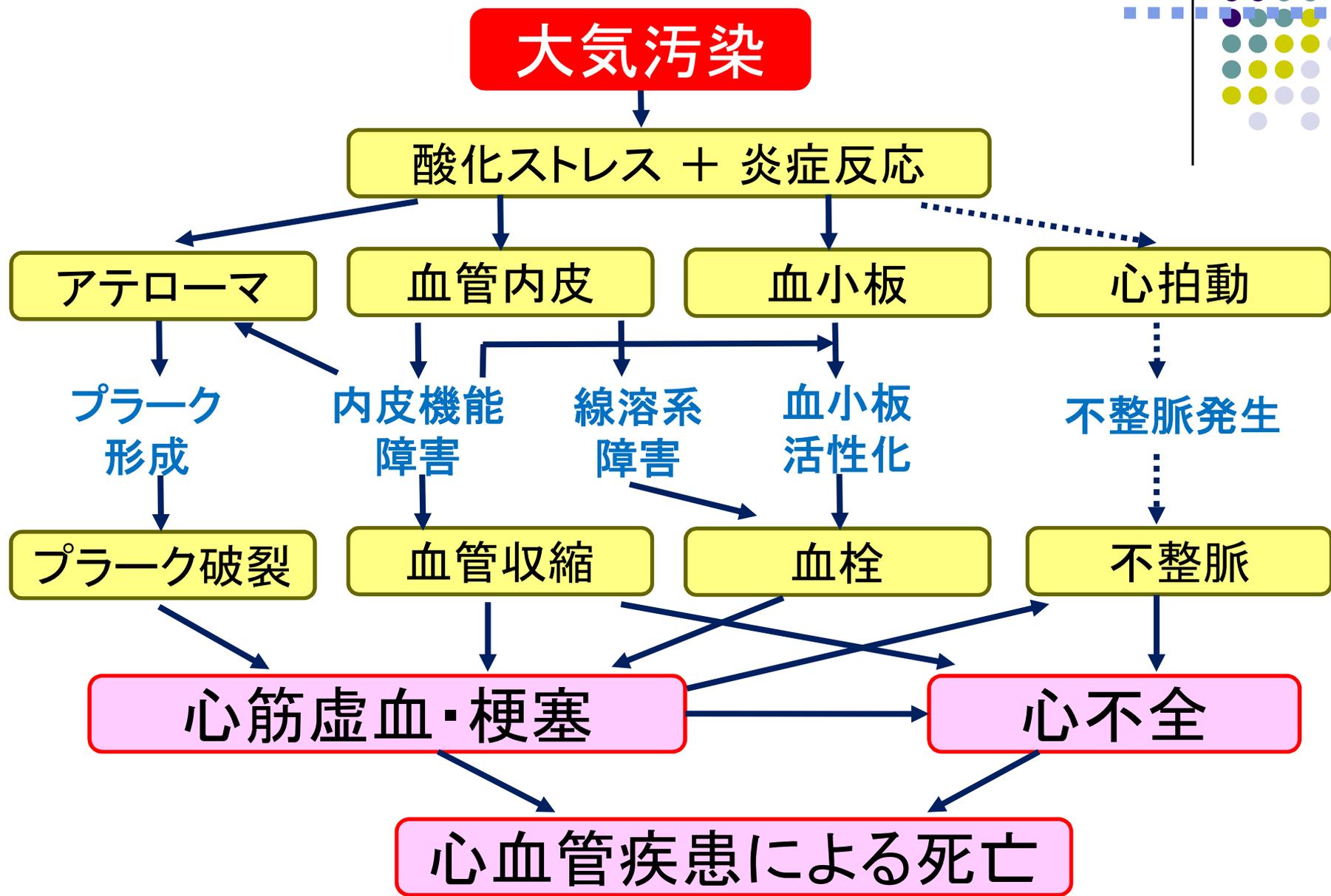
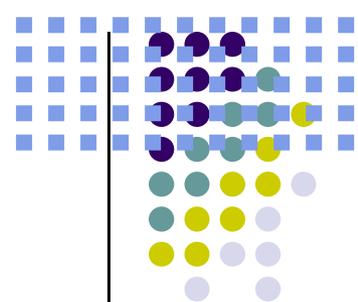
(Islam, et al. Thorax 62:957-63, 2007)



# PM<sub>2.5</sub>の健康影響(米国EPA, 2010)

曝露期間	健康影響	因果関係
長期曝露	死亡	明確
	心血管系	明確
	呼吸器系	ほぼ明確
	生殖・発達	示唆
	発がん、変異原性、遺伝毒性	示唆
短期曝露	死亡	明確
	心血管系	明確
	呼吸器系	ほぼ明確
	中枢神経系	不十分

# 大気汚染の循環器系への影響





大気汚染、粒子状物質に発がん性がある (Group 1) と認定 (2013年10月)。

17 October 2013

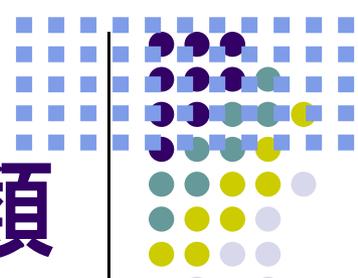
### IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths

Lyon/Geneva, 17 October 2013 – The specialized cancer agency of the World Health Organization, the International Agency for Research on Cancer (IARC), announced today that it has classified outdoor air pollution as *carcinogenic to humans* (Group 1).<sup>1</sup>

After thoroughly reviewing the latest available scientific literature, the world's leading experts convened by the IARC Monographs Programme concluded that there is *sufficient evidence* that exposure to outdoor air pollution causes lung cancer (Group 1). They also noted a positive association with an increased risk of bladder cancer.

Particulate matter, a major component of outdoor air pollution, was evaluated separately and was also classified as *carcinogenic to humans* (Group 1).

The IARC evaluation showed an increasing risk of lung cancer with increasing levels of exposure to particulate matter and air pollution. Although the composition of air pollution and levels of exposure can vary dramatically between locations, the conclusions of the Working Group apply to all regions of the world.

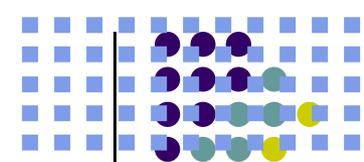


# 国際がん研究機関の発がん性分類

グループ	発がんリスク	主な物質	種類
1	発がん性がある	アスベスト、ダイオキシン、放射線、喫煙、受動喫煙、アルコール、ラドン、太陽光、 <b>大気汚染、粒子状物質</b> 、加工肉	120
2A	おそらく発がん性がある	熱いマテ茶、鉛化合物、石油精製業、理容師・美容師、シフト勤務	81
2B	発がん性があるかもしれない	コーヒー、漬物、わらび、携帯電話の電磁波、超低周波磁界、ガソリン	299
3	発がん性があると分類できない	カフェイン、お茶、髪の色料、水銀	502
4	おそらく発がん性はない	カプロラクタム(ナイロンの原料)	1

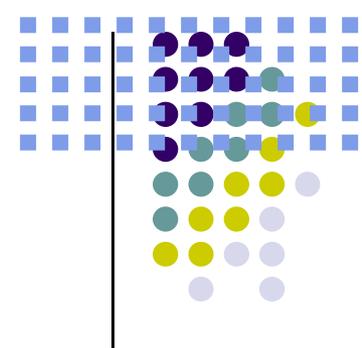
(IARC. Last update: 28 June 2017)

# 環境省の健康影響調査結果の概要



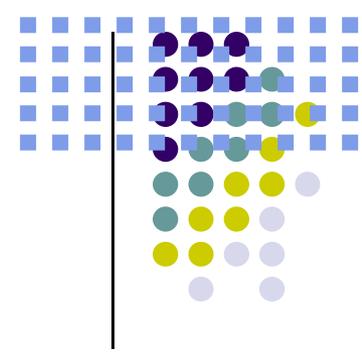
調査項目	評価	主な結果
微小粒子状物質曝露影響調査(2007年)		
短期的影響		
死亡	総死亡	△ PM <sub>2.5</sub> 濃度の上昇により死亡リスクがわずかに増加
	呼吸器系	○ 3日前のPM <sub>2.5</sub> 濃度の上昇により有意に増加
	循環器系	× 当日～5日前のPM <sub>2.5</sub> 濃度との関連なし
疾病	喘息による受診	× 喘息による急病診療所受診とPM <sub>2.5</sub> 濃度との関連なし(オゾン濃度とは関連あり)
	呼吸器系	○ PM <sub>2.5</sub> 濃度の上昇により喘息児、小学生のピークフロー値が有意に低下
	循環器系	× SPM濃度と心室性不整脈との関連なし
長期的影響	呼吸器系	△ 保護者の持続性の咳・痰はPM <sub>2.5</sub> 濃度が高い地域ほど高率だが、小児の呼吸器症状とは関連なし
粒子状物質による長期曝露影響調査(2009年)		
長期的影響	総死亡	× 大気汚染との関連なし
	肺がん	○ 喫煙等を調整した後でSPM濃度と正の関連あり
	呼吸器系	△ 女性では二酸化硫黄、二酸化窒素濃度と有意な関連あり(SPM濃度との関連は有意ではない)
	循環器系	× SPM濃度と負の関連(血圧などのリスク因子未調整)

# 日死亡との関連



- PM<sub>2.5</sub>測定地点がある20地域
- 65歳以上の死亡(平成14～16年)との関連を解析
- 20地域の統合では、呼吸器疾患による死亡など、統計的に有意な上昇がみられるものがあった。
- 地域別には、有意な上昇が見られる場合もあったが、逆に有意な低下が見られた地域もある。
- 諸外国に比して死亡リスク推計値は小さく、特に循環器疾患による死亡リスクとの関連は認められなかった。

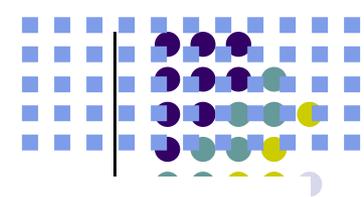
# ピークフロー値との関連



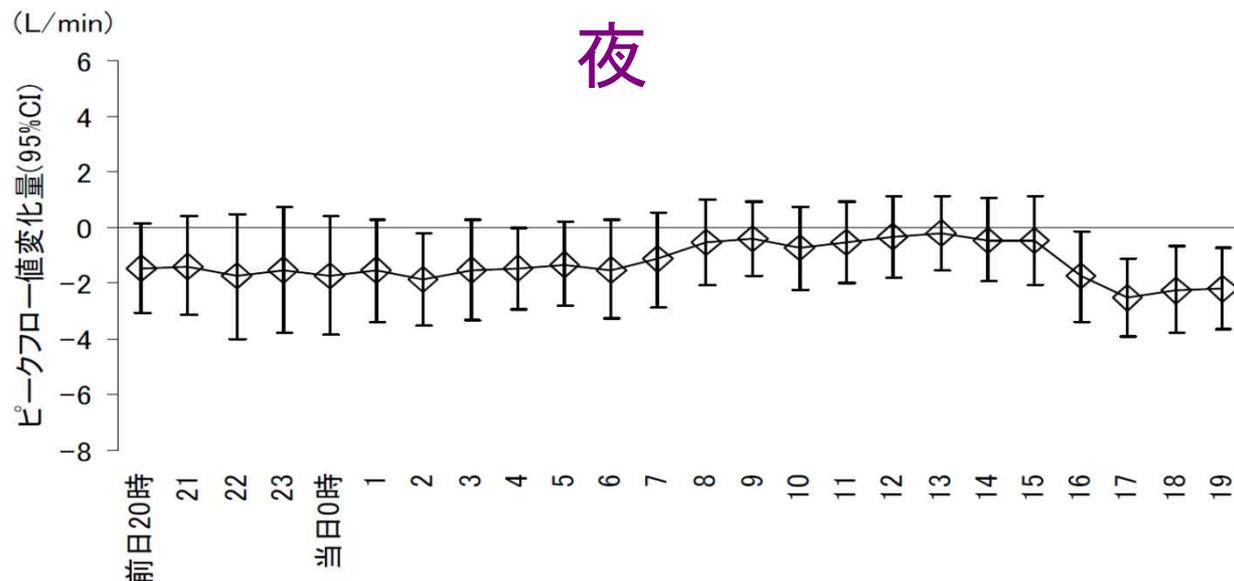
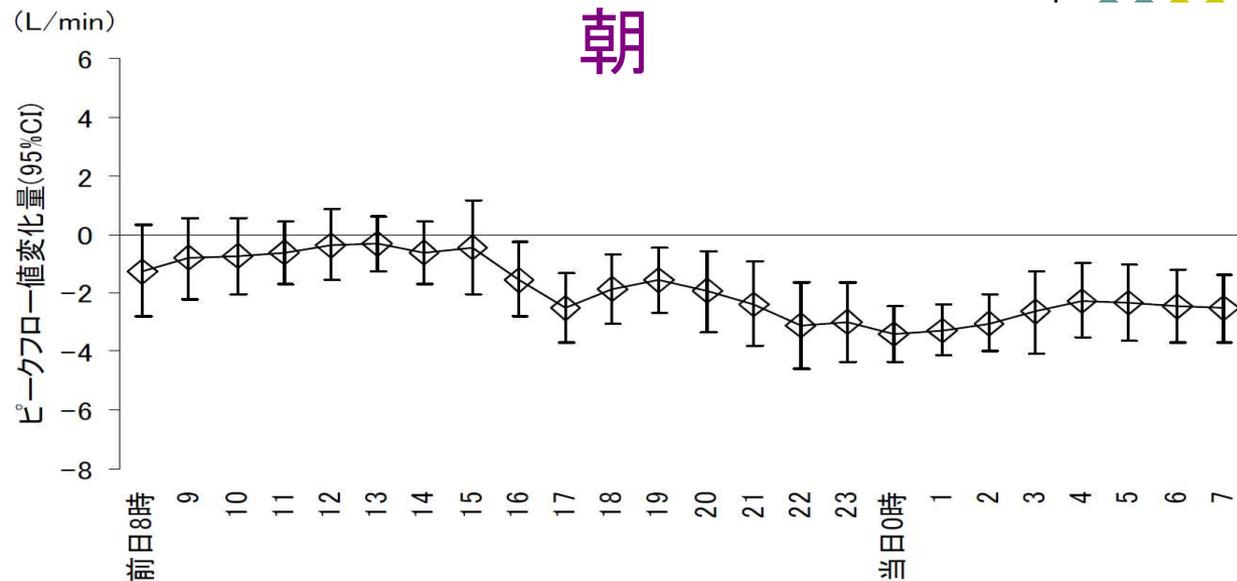
## 気管支喘息児（入院児）

- 千葉県の病院に長期間入院している小児気管支喘息患者17名（平均11.4歳）
- 毎日午前7時と午後7時にピークフロー値を測定
- PM<sub>2.5</sub>濃度は病院近傍の大気環境測定局で測定
- ピークフロー値とPM<sub>2.5</sub>濃度の関連を検討
  - 性，年齢，身長，気温の影響を調整
  - PM<sub>2.5</sub>濃度が10 μg/m<sup>3</sup>増加したときのピークフロー値の変化量で示した。

# ピークフロー値変化量

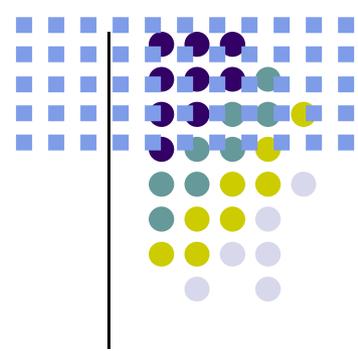


24時間前～測定時の  
1時間平均PM<sub>2.5</sub>濃度  
10 μg/m<sup>3</sup>増加あたり



(Yamazaki, Shima, et al. Environmental Health, 10:15, 2011)

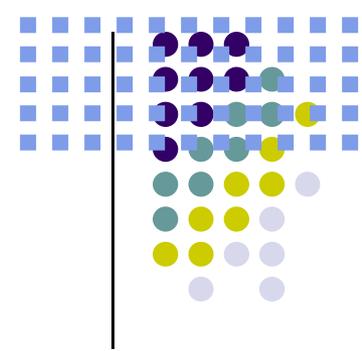
# 長期曝露の死亡への影響



## ● 3府県コホート研究

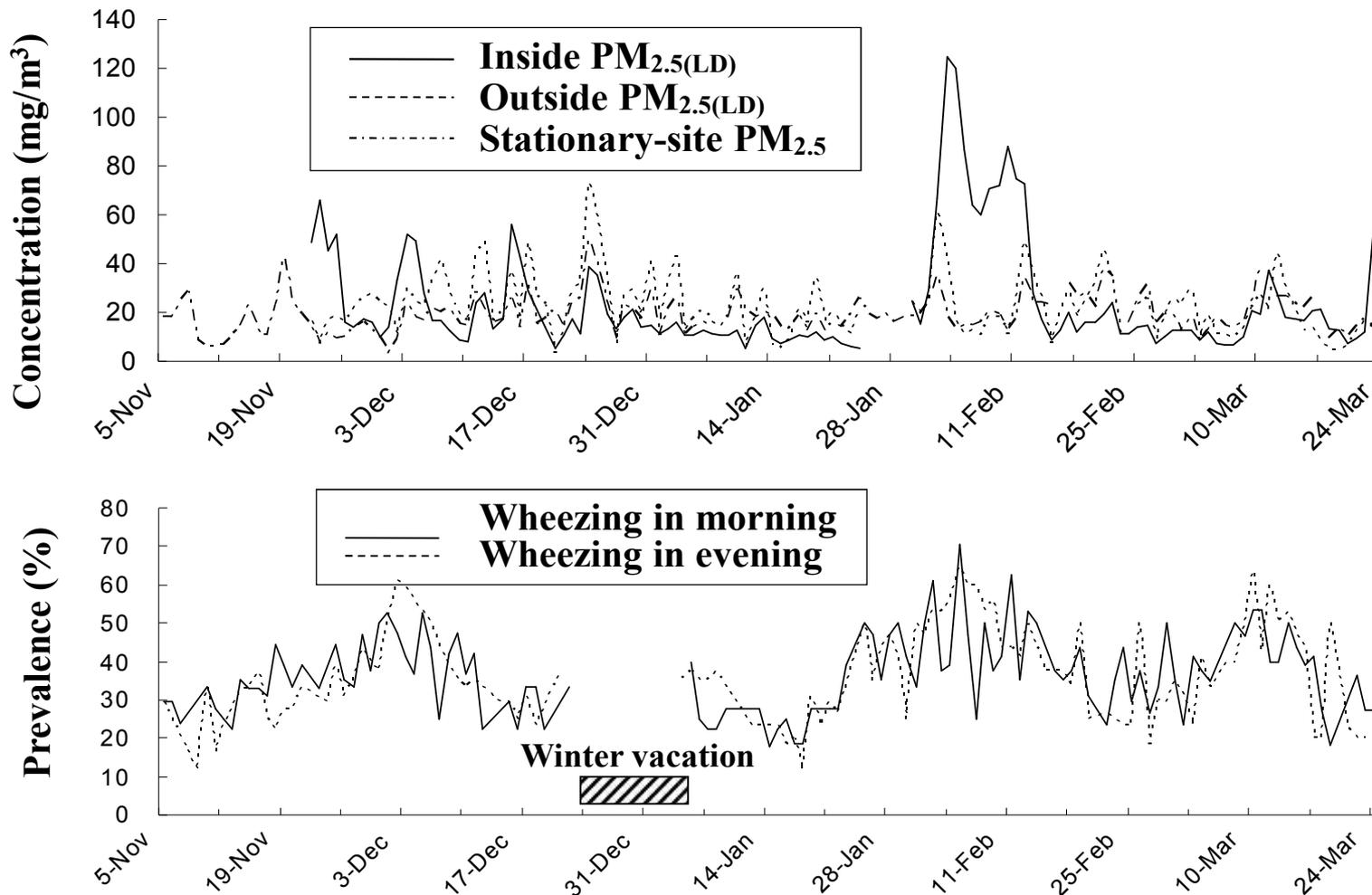
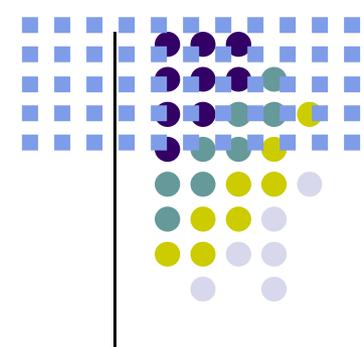
- 宮城県、愛知県、大阪府で、それぞれ都市地区と対照地区の40歳以上の男女約10万人を対象
- 1983～85年から10～15年間追跡
- 全死亡、循環器及び呼吸器系疾患による死亡はSPM濃度との関連はみられない(負の関連あり)。
- 肺がん死亡は、男性及び男女計でSPM濃度との間に有意な正の相関がみられた。
- 相対リスク(95%信頼区間)
  - SPM濃度 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加あたり 1.16 (1.08-1.25)
  - $\text{PM}_{2.5}$ 濃度に換算すれば、1.24 (1.12-1.37)

# 微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の 喘息に与える短期的影響



- 対象
  - 長期にわたって入院中の小児気管支喘息患者 19名 (8~15歳)
- 方法
  - 毎日、朝 (午前6時) と夜 (午後7時) に肺機能を測定し、看護師により喘鳴の有無を確認した。
  - PM<sub>2.5</sub>濃度は、病院内 (病室)、病院外 (玄関)、病院に近接する一般環境大気測定局で測定
  - ピークフロー値 (PEF) 及び喘鳴症状とPM<sub>2.5</sub>濃度との関連を解析した。

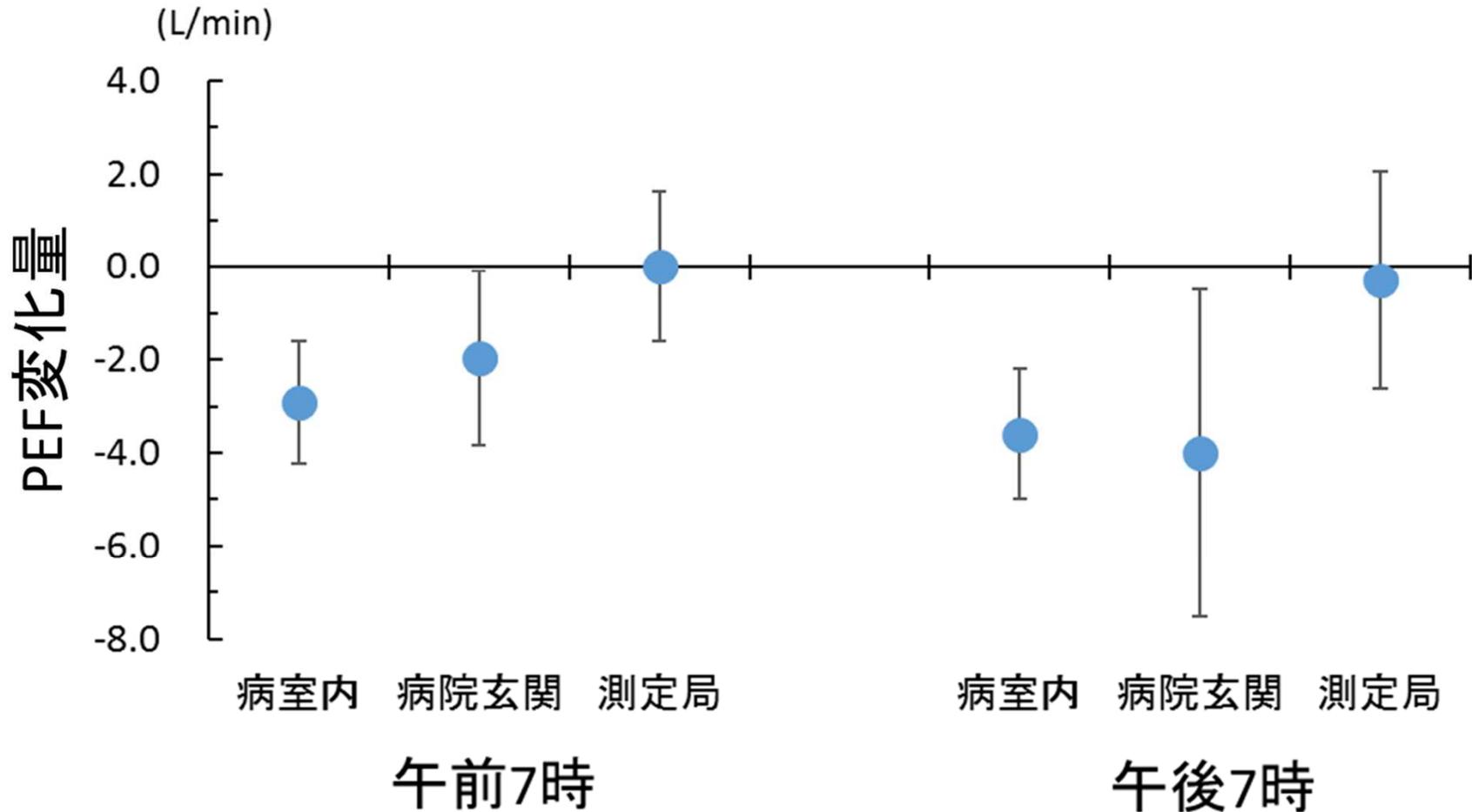
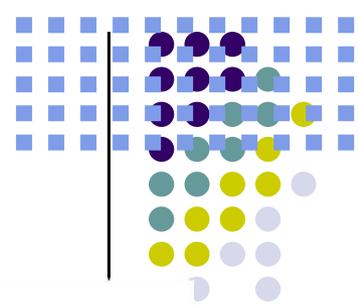
# 期間中のPM<sub>2.5</sub>濃度及び 喘鳴症状有症率の推移



(Ma, Shima, et al. J Epidemiol, 18: 97-110, 2008)

# PM<sub>2.5</sub>濃度とPEF変化との関連

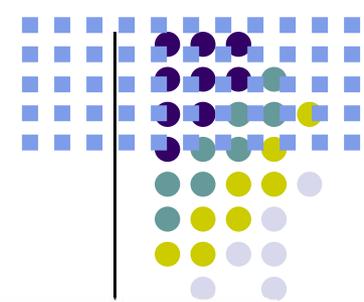
PM<sub>2.5</sub> 10 μg/m<sup>3</sup>増加あたりの変化量(L/min)



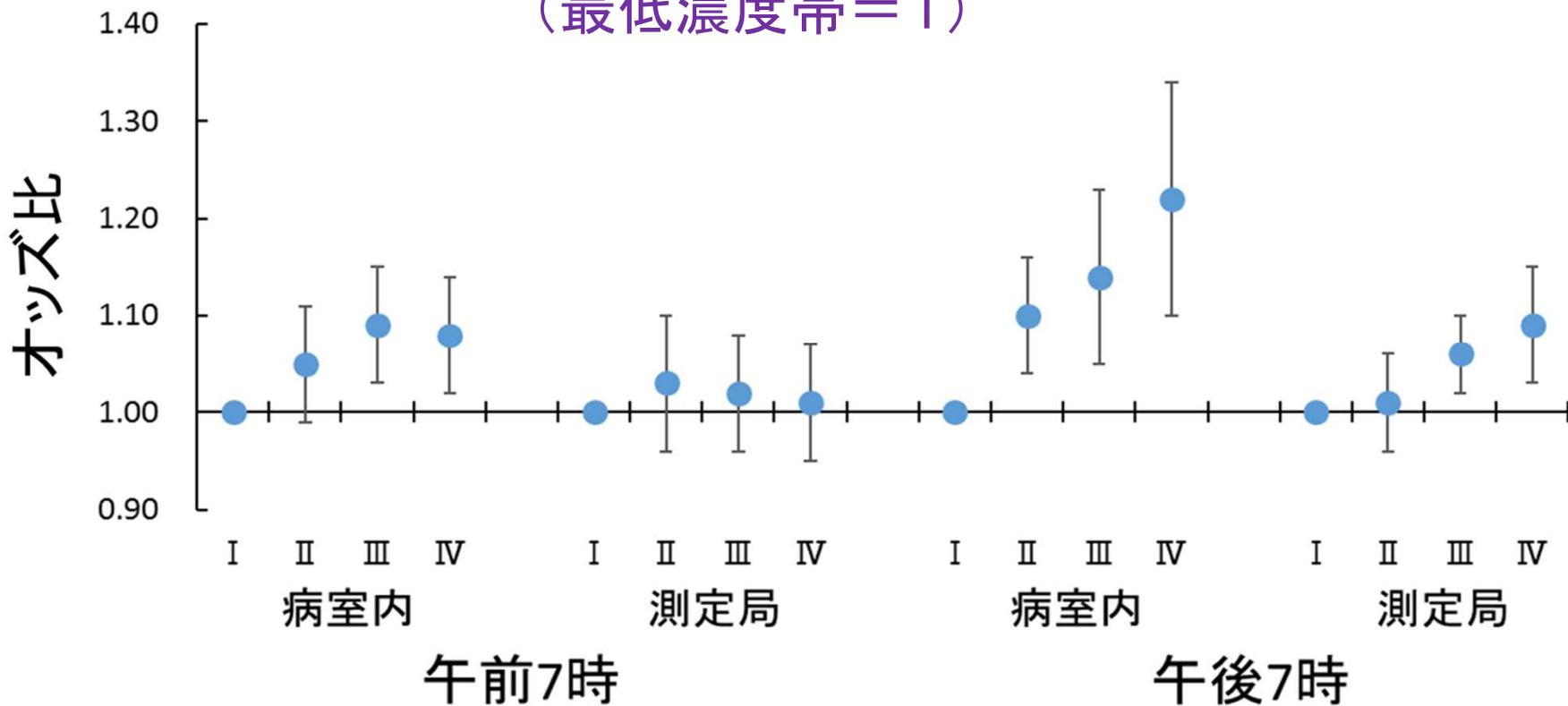
\* 性、年齢、身長、期間中の成長、気温、相対湿度の影響を調整

(Ma L, Shima, et al. J Epidemiol, 18: 97-110, 2008)

# PM<sub>2.5</sub>濃度と喘鳴との関連



PM<sub>2.5</sub>濃度の四分位別の喘鳴症状出現オッズ比  
(最低濃度帯=1)



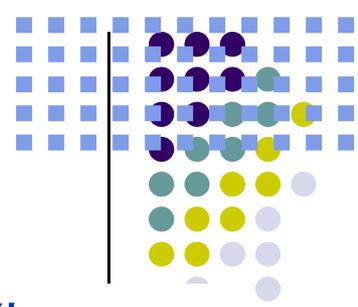
院内PM<sub>2.5</sub>濃度 I : <11.0, II : 11.0-15.3, III : 15.4-27.9, IV : ≥28.0 μg/m<sup>3</sup>

測定局PM<sub>2.5</sub>濃度 I : <13.9, II : 13.9-18.1, III : 18.2-23.5, IV : ≥23.6 μg/m<sup>3</sup>

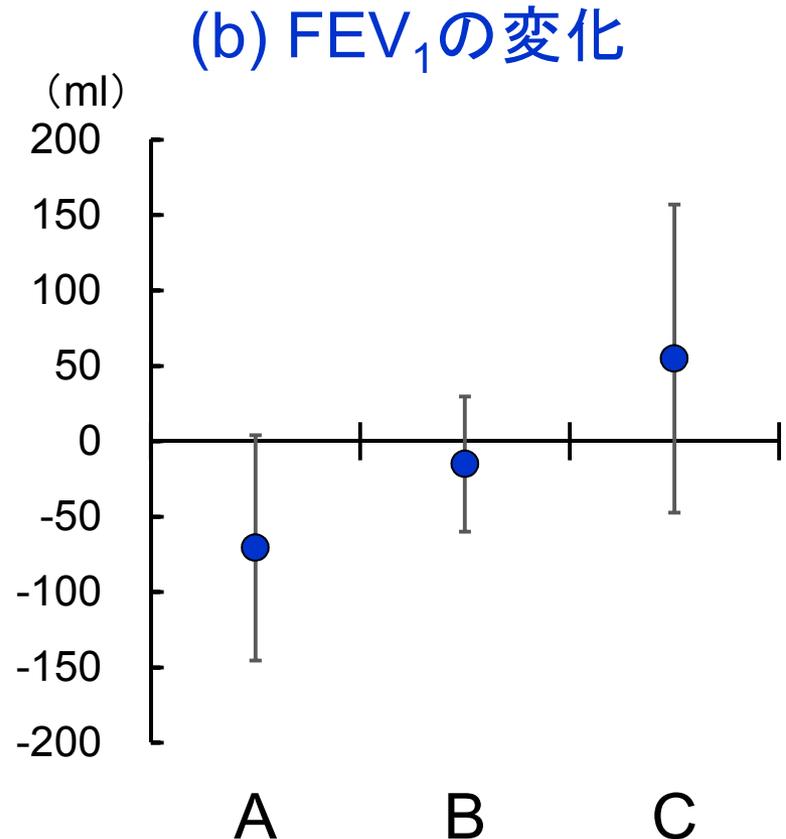
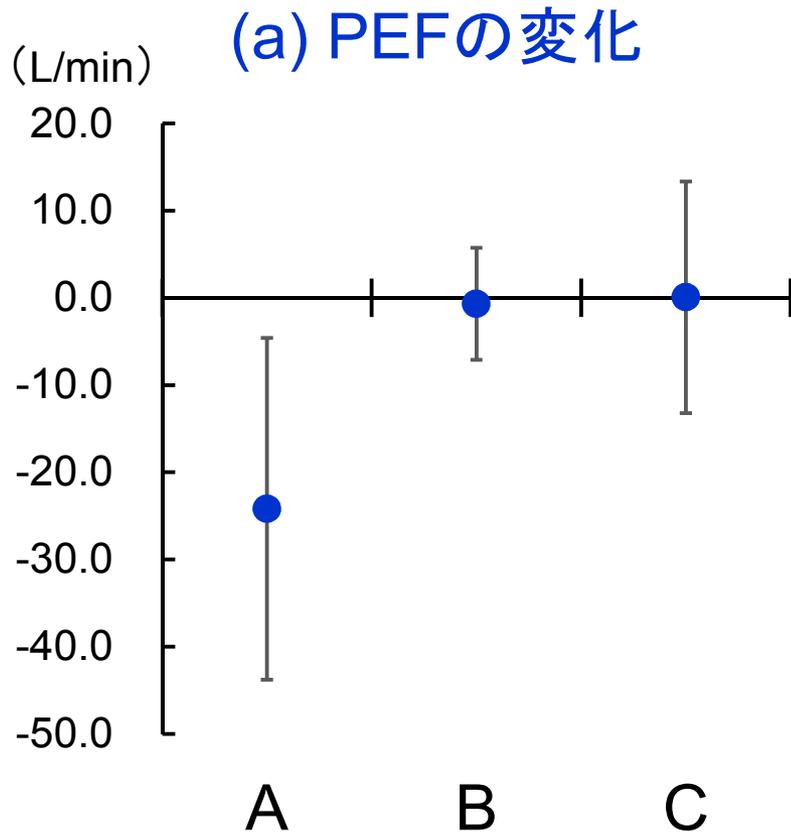
\* 性、年齢、気温、相対湿度の影響を調整

(Ma L, Shima, et al. J Epidemiol, 18: 97-110, 2008)

# PM<sub>2.5</sub>濃度と肺機能との関連



PM<sub>2.5</sub> 10 μg/m<sup>3</sup>増加あたりの変化量



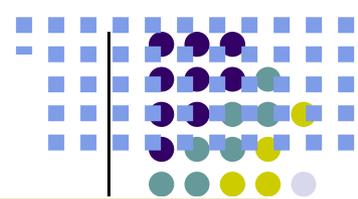
A: 喘息の既往あり (n = 9)

B: 喘息以外のアレルギー疾患の既往あり (n = 8)

C: 喘息、アレルギー疾患の既往なし (n = 20)

(余田, 島, 他. アレルギー, 64: 128-135, 2015)

# 世界の粒子状物質濃度の年平均値

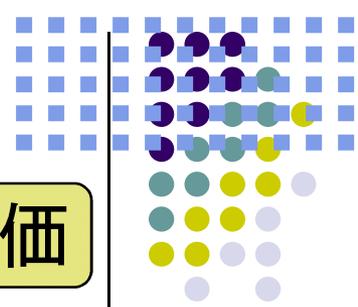


国	都市	PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )
イラン	Zabol	527 (2012)	217 (2013)*
インド	Gwalior	329 (2012)	176 (2012)*
	Patna	167 (2012)	149 (2013)
	Delhi	229 (2012)	122 (2013)
	Kolkata	135 (2012)	61 (2014)
	Bangalore	118 (2012)	63 (2012)*
	Mumbai	117 (2012)	63 (2013)
	Chennai	57 (2012)	44 (2014)
中国	Xingtai (邢台)	193 (2014)*	128 (2014)
	Beijing (北京)	108 (2013)	85 (2014)
日本	大阪	32 (2012)*	17 (2012)

(\* 換算値)

WHO. Ambient Air Pollution Database, 2016.

# 粒子状物質に係る環境基準等



疫学研究

毒性学研究

曝露評価

様々な健康影響(呼吸器・循環器系疾患、肺がん等)

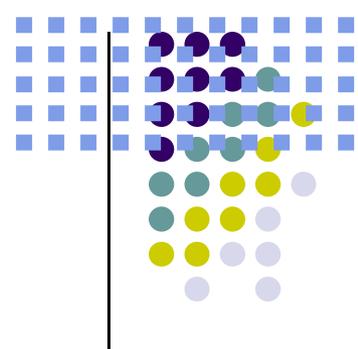
## 粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>)に係る環境基準等

		日本	米国	インド	WHO
PM <sub>2.5</sub>	24時間平均	35 µg/m <sup>3</sup> *	35 µg/m <sup>3</sup>	60 µg/m <sup>3</sup>	25 µg/m <sup>3</sup>
	年平均	15 µg/m <sup>3</sup> *	12 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	24時間平均	100 µg/m <sup>3</sup> **	150 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup>
	年平均	—	—	60 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>

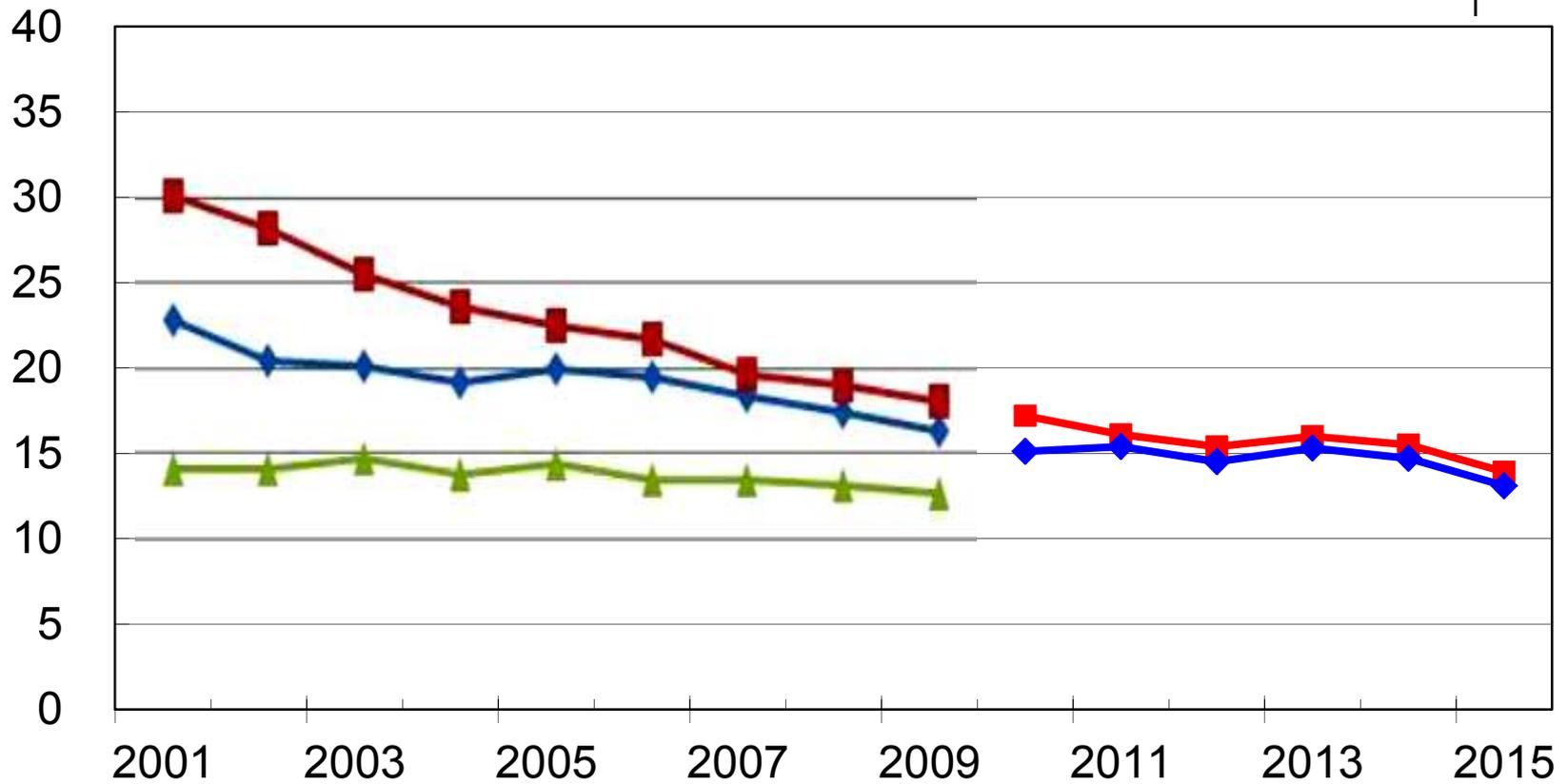
\* 日本のPM<sub>2.5</sub>の環境基準は2009年9月告示

\*\* 浮遊粒子状物質(SPM)に係る基準(およそPM<sub>7</sub>に相当)

# 日本におけるPM<sub>2.5</sub>濃度の推移 (年平均値)



( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



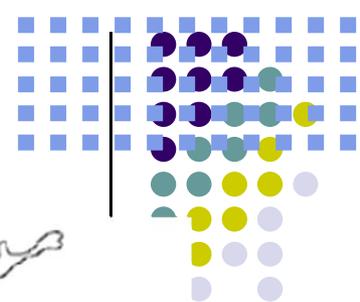
自排局 都市部 非都市部

自動車排出ガス測定局  
一般環境大気測定局

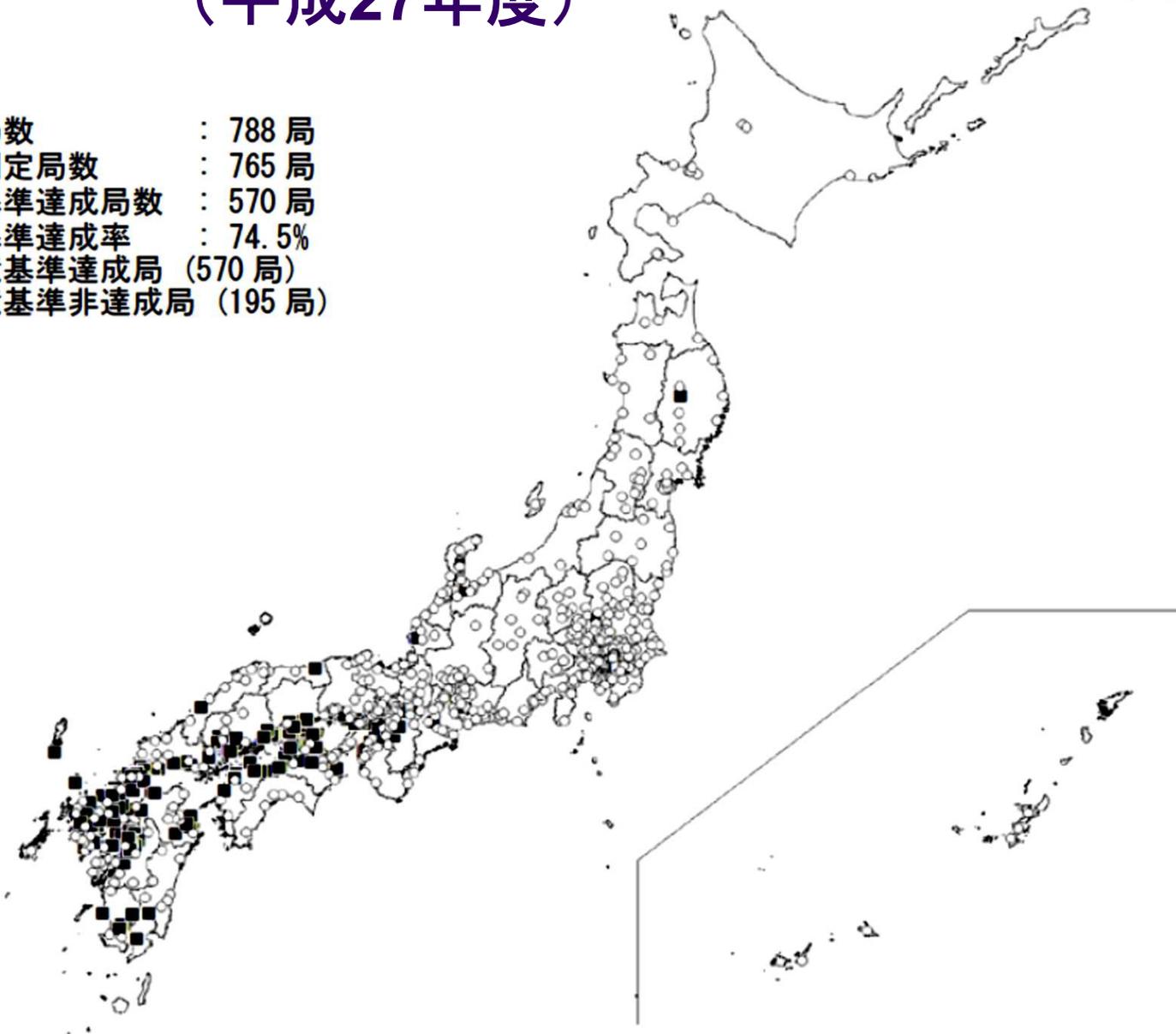
微小粒子状物質等曝露影響実測調査(環境省)における測定結果

資料:環境省

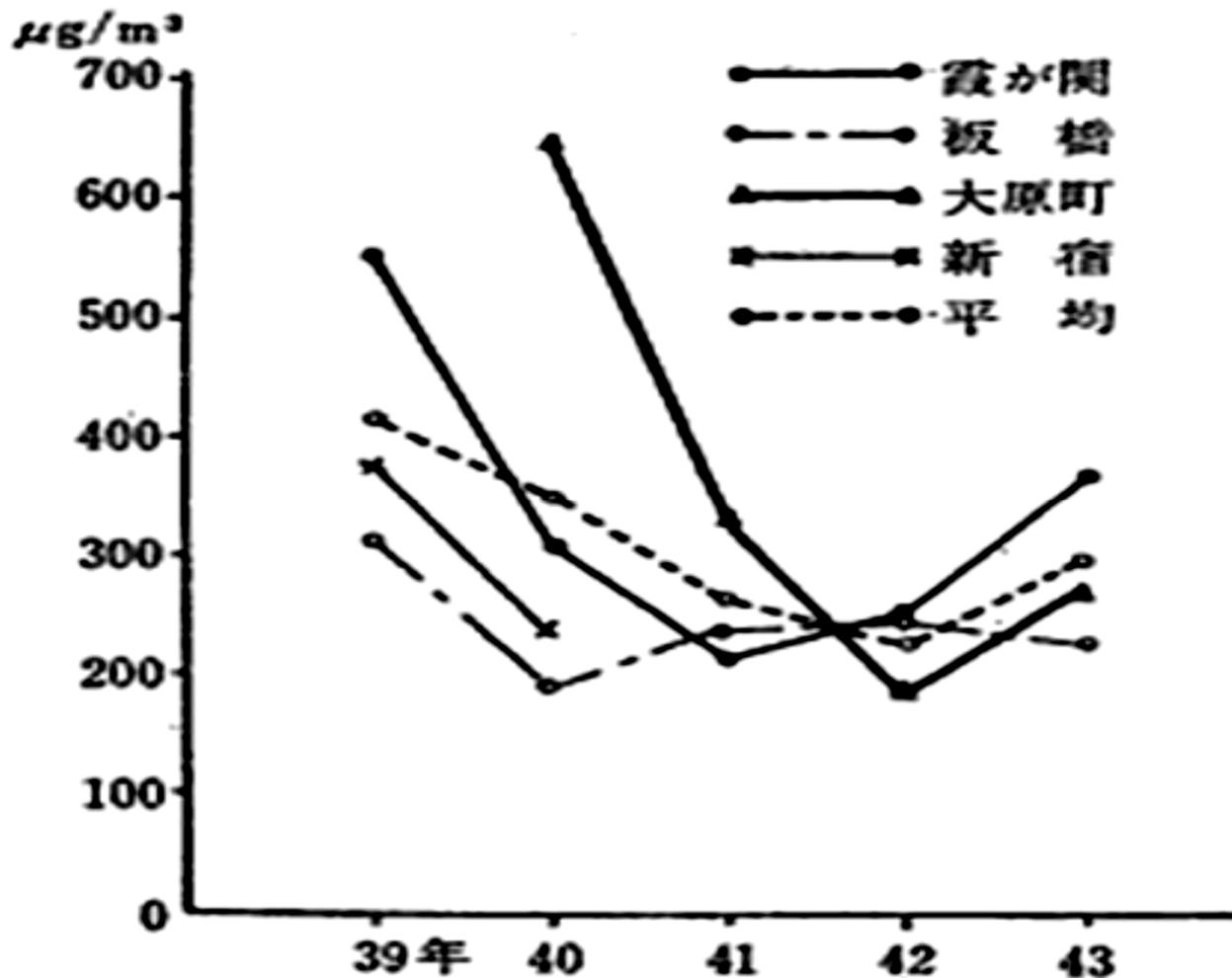
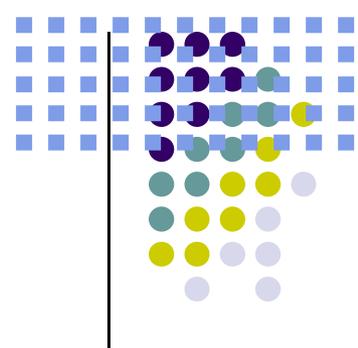
# PM<sub>2.5</sub>の環境基準達成状況 (平成27年度)



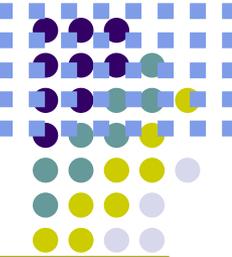
測定局数 : 788 局  
有効測定局数 : 765 局  
環境基準達成局数 : 570 局  
環境基準達成率 : 74.5%  
○環境基準達成局 (570 局)  
■環境基準非達成局 (195 局)



# 東京都内の浮遊粉じん濃度 (昭和39~43年)



(厚生省調べ:昭和44年版公害白書)

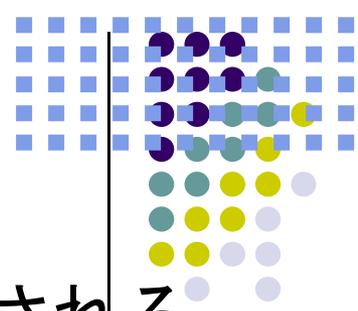


# 注意喚起のための暫定的な指針

レベル	暫定的な指針となる値	行動の目安
	日平均値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
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。)
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。
(環境基準)	35以下	

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。

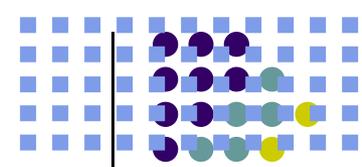
# 「暫定的な指針」を超える場合



- PM<sub>2.5</sub>の1日平均値が70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えると予想される場合は、都道府県等から注意喚起が行われる。
- その場合、屋外での長時間の激しい運動を控えることが推奨される。屋内でも換気や窓の開閉を最小限にし、外気の侵入を少なくすることが望ましい。
- ただし、この値を大きく超えない限り、健康な人に影響がみられるわけではないので、運動会等の屋外での行事を中止する必要はない。
  - 「大きく超える場合」とは？

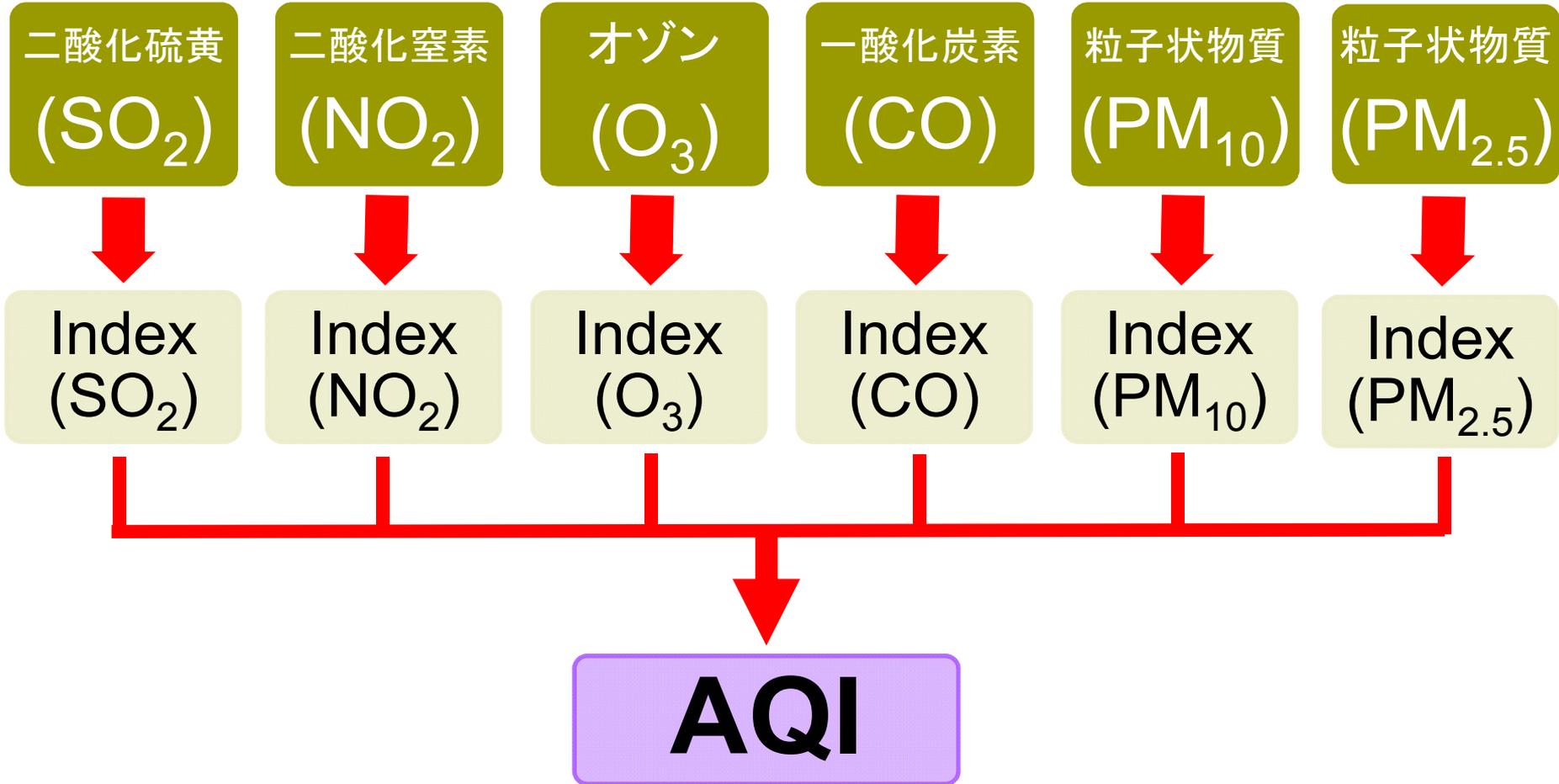
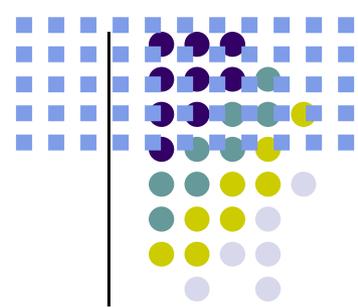
十分な科学的知見はないが、米国の大気質指数(Air Quality Index)では、150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える場合に「すべての人はあらゆる屋外活動を中止するべき」としている。

# 米国の大気質指数(AQI)



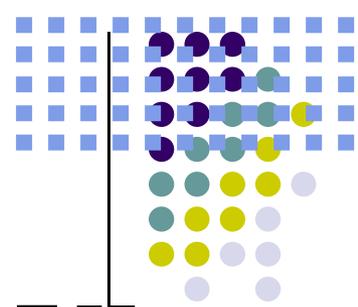
AQI	PM <sub>2.5</sub> 日平均値	区分	健康影響	健康保護アドバイス
0-50 (緑)	0-12 μg/m <sup>3</sup>	良好 (Good)	大気環境は良好で、危険性はほとんどまたはまったくない。	
51-100 (黄)	13-35 μg/m <sup>3</sup>	中程度 (Moderate)	大気汚染度は許容範囲だが、一部の人の健康に影響を与える可能性がある。	・特に敏感な人は、長時間または激しい屋外活動の減少を控えるよう心がけるべき。
101-150 (橙)	36-55 μg/m <sup>3</sup>	敏感な人に影響 (Unhealthy for Sensitive Group)	一般成人は健康に影響を及ぼすおそれはないが、心臓・肺疾患患者、高齢者及び子供は、リスクが増える。	・心臓・肺疾患患者、高齢者及び子供(高リスクの人)は、長時間または激しい屋外活動を控えるべき。
151-200 (赤)	56-150 μg/m <sup>3</sup>	健康に悪影響 (Unhealthy)	すべての人に、ある程度の健康への影響を与える可能性があり、敏感な人にはより深刻な影響を与える可能性がある。	・高リスクの人は、 <u>長時間または激しい屋外活動を中止すべき。</u> ・すべての人は、 <u>長時間または激しい屋外活動を控えるべき。</u>
201-300 (紫)	151-250 μg/m <sup>3</sup>	健康に極めて悪影響 (Very Unhealthy)	健康に関する注意報: すべての人に対し、健康により深刻な影響を与える可能性がある。	・高リスクの人は、 <u>あらゆる屋外活動を中止すべき。</u> ・すべての人は、 <u>屋外活動を制限すべき。</u>
301-500 (赤褐色)	251-500 μg/m <sup>3</sup>	有害 (Hazardous)	健康に関する緊急警報: すべての人に対し、健康への影響を及ぼす可能性が高い。	

# Air Quality Index (AQI)



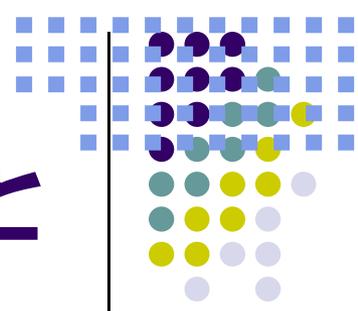
汚染物質毎に指数に換算し(環境基準上限=100)、最高値をAQIとする。

# 高感受性者に対する注意



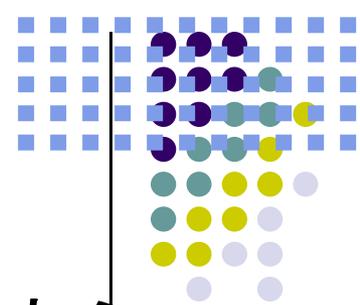
- 喘息などの呼吸器疾患、心臓病などの循環器疾患を有する人、乳幼児や高齢者はこれより低い濃度でも影響を生じる可能性がある。
- こうした人たちにおける影響は個人差が大きく、環境基準(1日平均値 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ )より低い濃度であっても健康影響がみられることがある。
- 普段から健康管理を心がけ、体調の変化に注意することが望ましい。
  - 例えば、喘息の場合、せき、たん、呼吸困難などの呼吸器症状、ピークフロー値の変化などに注意

# 高濃度汚染時に注意すべきこと



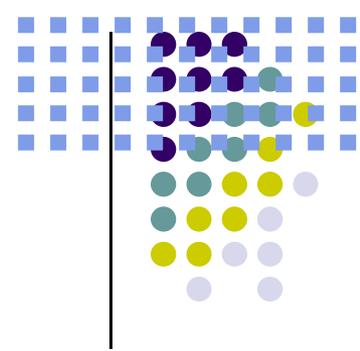
- 大気汚染濃度に注意し、高濃度時は、不要不急の外出や屋外での長時間の激しい運動をできるだけ減らす。
- 呼吸器や循環器に疾患のある方、小児、高齢者は、体調の変化に注意し、より慎重な行動が望まれる。
- 外出する場合は、マスクを着用する。
- 室内には必要に応じて空気清浄機を設置し、ドアや窓を閉め、風が通る隙間をふさぐ。
- 室内での禁煙など、他の汚染源にも注意する。

# マスクの着用法

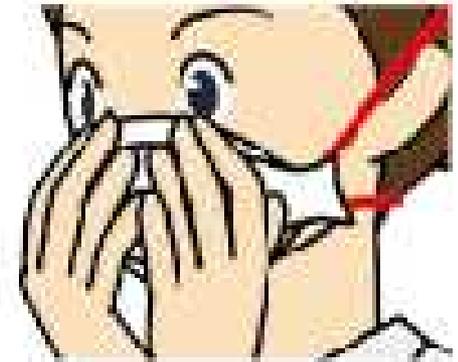


- 自分の顔に合った形状、サイズのマスクをあらかじめ探しておく。
- 子供は子供用のサイズを着用する。
- 鼻の両脇やあご、頬のラインに隙間のできないようにする。
- 着用後、空気が漏れる部分がないか確認する。
- 着ける場所、状況を選ぶ(通勤・通学、買い物)。
- マスク着用は保湿効果も期待でき、のどを守る。
- 使い捨てのものを何度も使用しない。

# ユーザーシールチェック (フィットチェック)

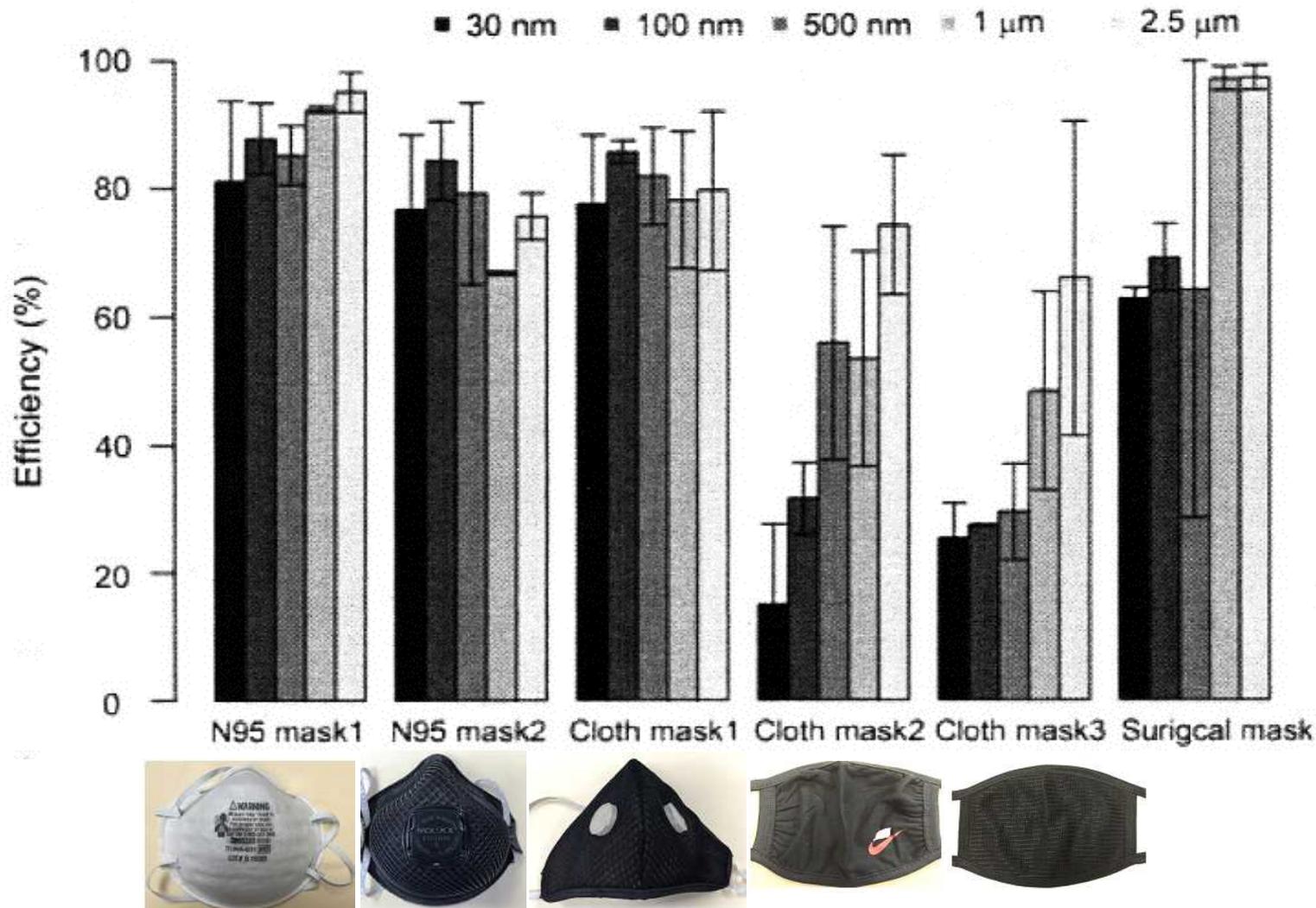
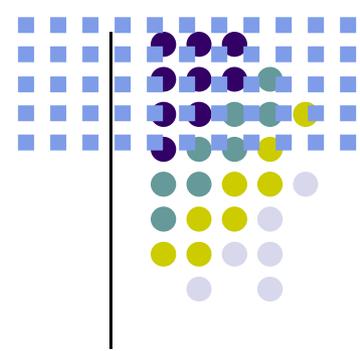


- マスクと顔の間からの空気の漏れの有無を調べ、正しく装着できているかを確認する(装着の度に行う必要がある)。
- 陽圧の確認は、マスクを装着して、フィルターの表面を手でおおってゆっくり息を吐き、マスクと顔の間から空気が漏れているように感じられればマスクの位置を修正し、再度行う。
- 陰圧の確認は、同様に手で覆ってゆっくり息を吸い込み、マスクが顔に向かって引き込まれれば完了。



毎回必ず行いましょう。

# マスクの種類による効果の違い

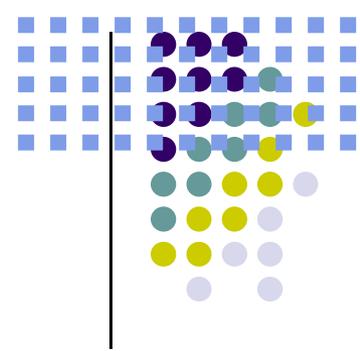


使い捨てサージカルマスクは布マスクよりも効果がある。

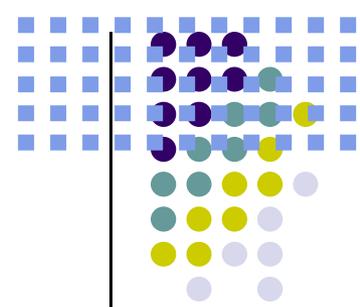
(Shakya, K. et al. J Expo Sci Environ Epidemiol, 2017)

# 屋内PM<sub>2.5</sub>濃度の推移

2014年10月29日中国長春市のホテル

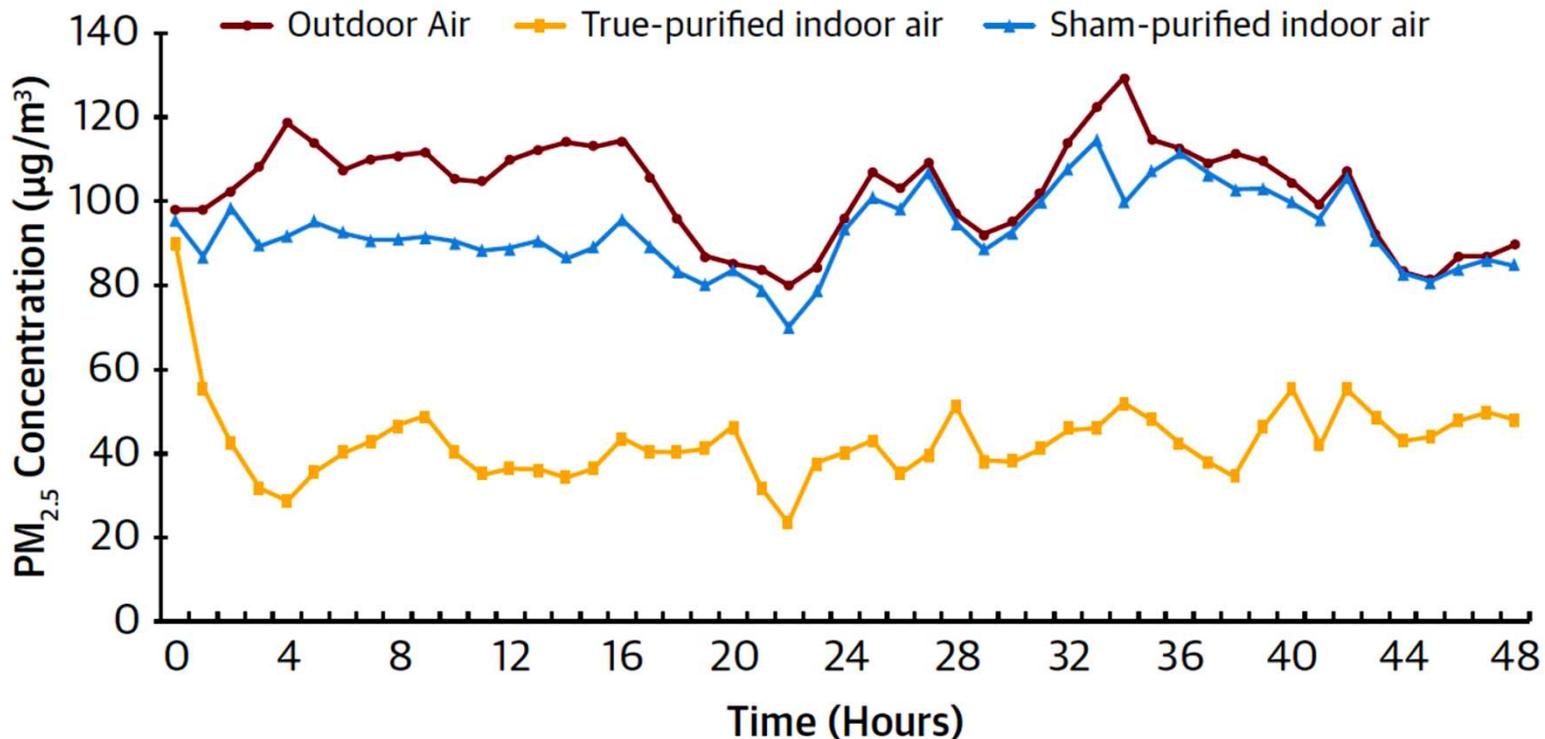


# 空気清浄機の使用



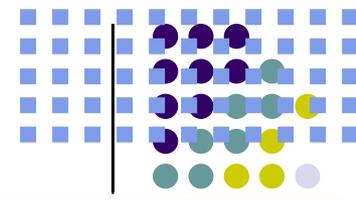
- 部屋の大きさに合わせて選択する。
- 説明書に従い、フィルターの清掃、交換などをこまめに行う(清掃時にはマスクを着用)。

## 中国・上海での使用結果



(Chen, R. et al. J Am Coll Cardiol, 2015)

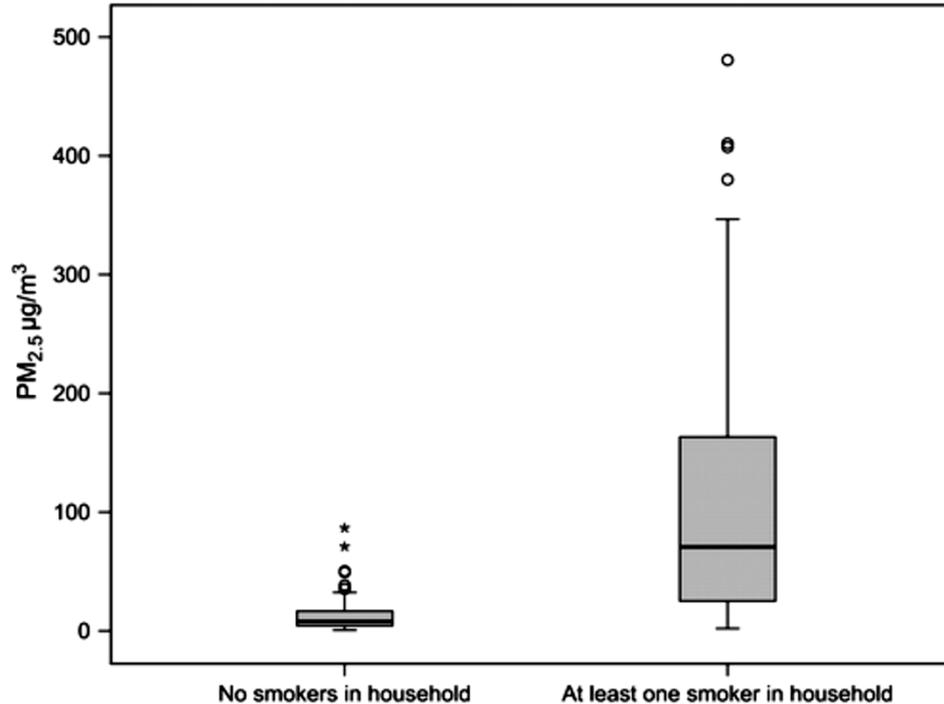
# 空気清浄機使用による効果



(Chen, R. et al. J Am Coll Cardiol, 2015)

# 家庭内喫煙とPM<sub>2.5</sub>濃度

(スコットランドの家屋における24時間平均濃度)

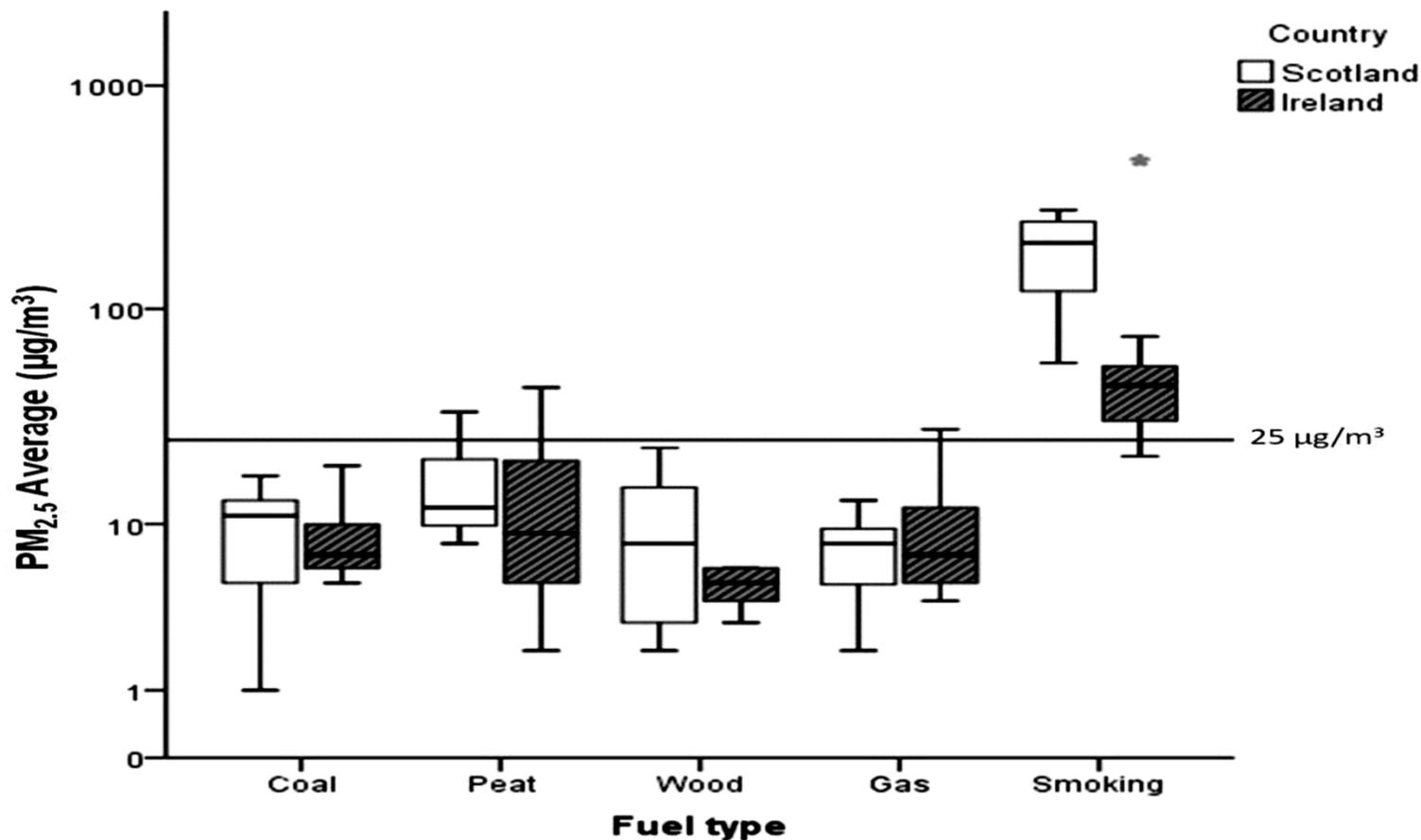
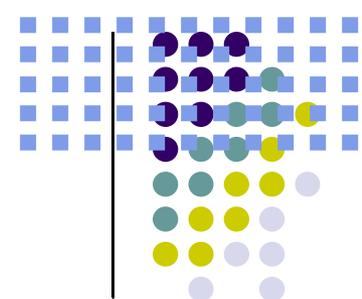


喫煙者がいると家屋内のPM<sub>2.5</sub>濃度は非常に高い。

- ◆ 喫煙者のいない家庭 8 µg/m<sup>3</sup>
- ◆ 一人でも喫煙者のいる家庭 71 µg/m<sup>3</sup>

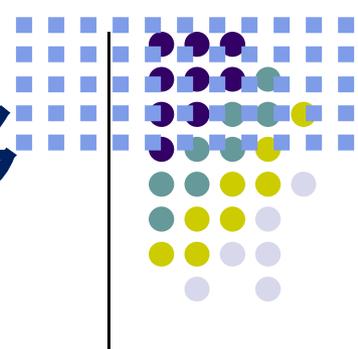
(Osman, et al. Am J Respir Crit Care Med, 2007)

# 家屋内PM<sub>2.5</sub>濃度(24時間平均) 屋内発生源別



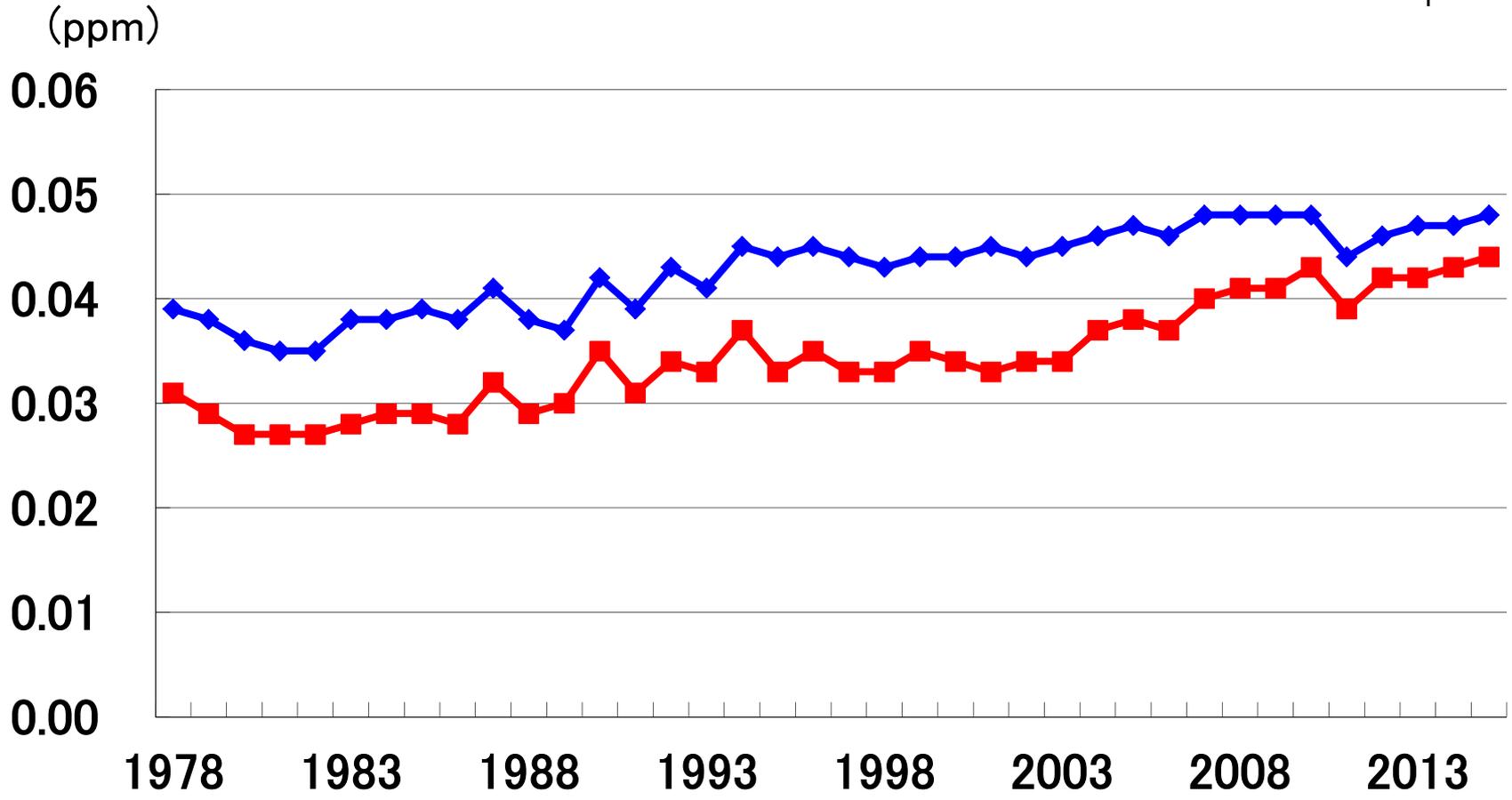
喫煙者がいる家庭:平均143µg/m<sup>3</sup>(最大463µg/m<sup>3</sup>)

(Coggins, et al. Indoor Air Pollution and Health, Environmental Protection Agency, Ireland. 2013)



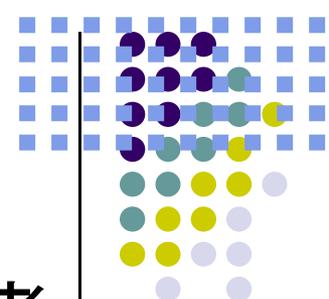
# 光化学オキシダント濃度の推移

昼間の日最高1時間値の年平均値



◆ 一般環境大気測定局    ■ 自動車排出ガス測定局

(資料: 環境省)



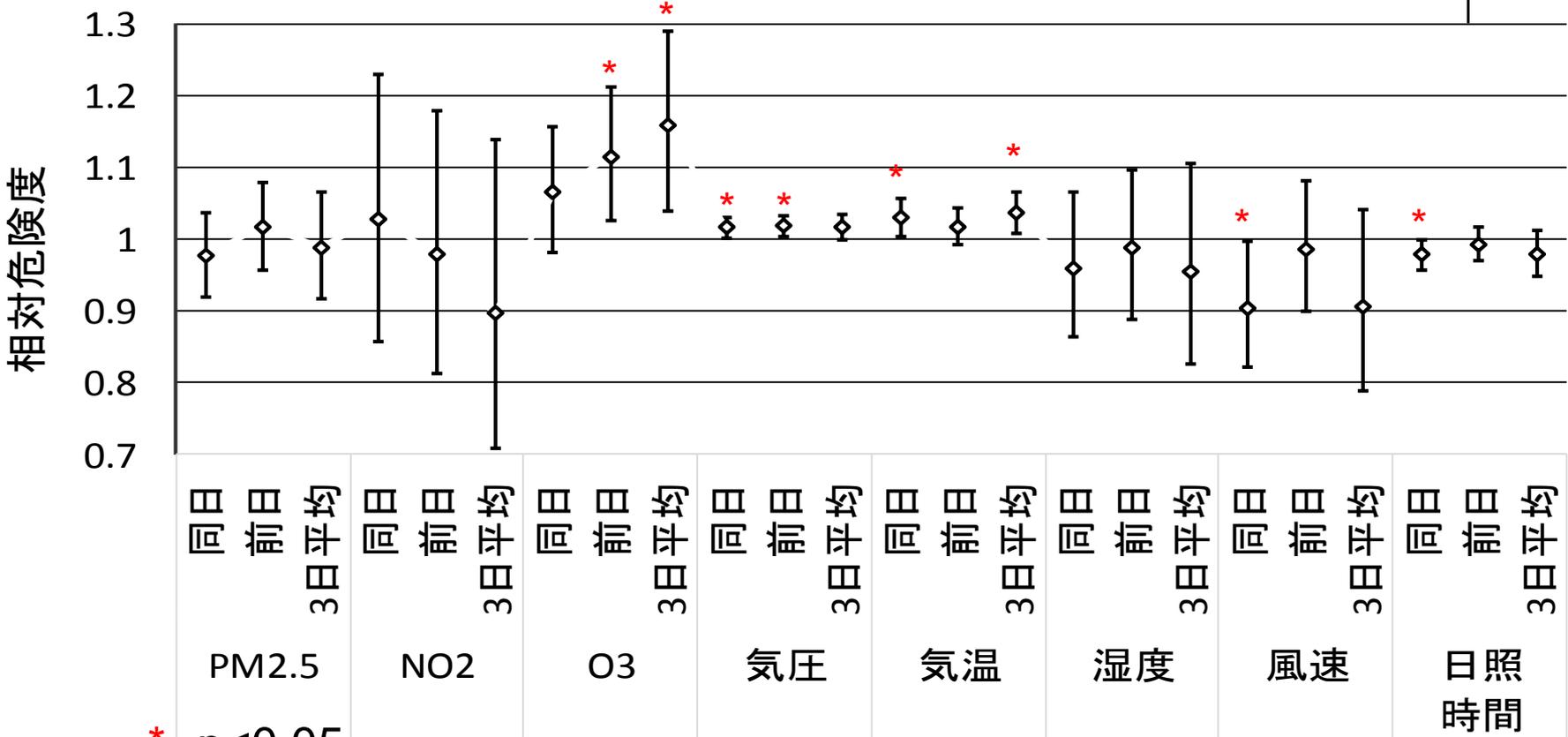
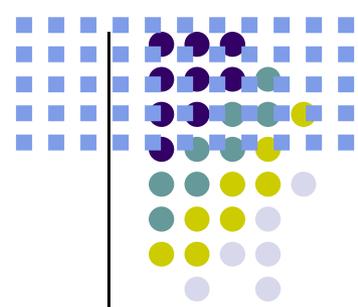
# 気管支喘息発作による受診との関連

- 対象：姫路市の急病センターの受診患者
  - 平日夜間(21時～翌日6時)に受診し、喘息と診断された患者
- 受診前の大気汚染濃度との関連を解析
  - 粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)
  - 二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)
  - オゾン(O<sub>3</sub>)
  - 気圧、湿度、気温、風速、日照時間の影響を考慮



# 喘息による受診に関連する因子

2010年4月～2013年3月の3年間



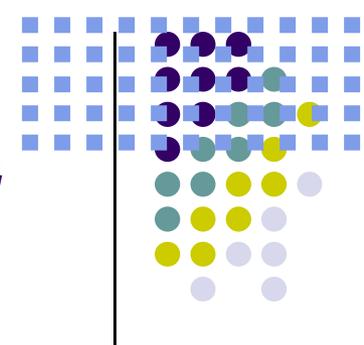
\* p<0.05

単位増加量はPM<sub>2.5</sub>: 10μg/m<sup>3</sup>、NO<sub>2</sub>: 10ppb、O<sub>3</sub>: 10ppb、気圧: 1hPa、気温: 1°C、湿度: 10%、風速: 1m/s、日照時間: 1h

(Yamazaki, Shima, et al. BMJ Open, 5:e005736, 2015)

# 受診前日の大気汚染濃度との関連 (複数汚染物質モデルの解析結果)

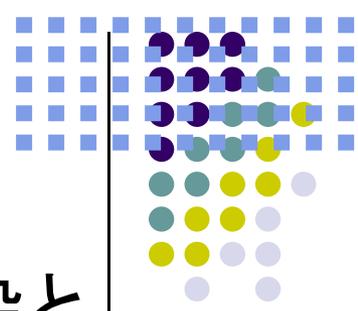
2010年4月～2013年3月の3年間



汚染物質 (増加単位)	4-6月		7-8月		9-11月		12-3月	
	RR	95%CI	RR	95%CI	RR	95%CI	RR	95%CI
PM <sub>2.5</sub> (10μg/m <sup>3</sup> )	0.95	0.85-1.06	1.17	0.98-1.40	0.96	0.86-1.06	<b>1.16</b>	<b>1.01-1.33</b>
NO <sub>2</sub> (10ppb)	1.16	0.83-1.62	0.76	0.38-1.53	1.17	0.80-1.72	0.86	0.49-1.51
O <sub>3</sub> (10ppb)	<b>1.17</b>	<b>1.01-1.35</b>	1.09	0.93-1.27	0.98	0.80-1.20	1.22	0.81-1.83

(Yamazaki, Shima, et al. BMJ Open, 5:e005736, 2015)

# おわりに



- 疫学研究では、PM<sub>2.5</sub>をはじめとする大気汚染と循環器・呼吸器系疾患等の関連が示されている。
- 短期的影響は、呼吸器・循環器系疾患のある人では比較的低い濃度で認められているが、個人差が大きいと考えられる。
- 長期的影響は、かなり低い濃度でも生じる可能性が否定できず、集団としてのリスクの低減を図るために、大気環境の改善が望まれる。
- 日頃から大気汚染状況に留意し、高濃度となる際には不要不急の外出は控え、外出時にはマスクの装着、屋内では空気清浄機の使用などの対策が望ましい。