

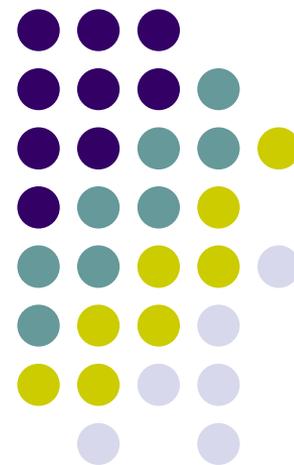
大気汚染に係る健康安全講話

PM_{2.5}をはじめとする大気汚染の健康影響とその対策

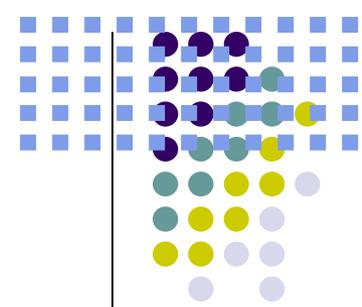
2019年11月

兵庫医科大学公衆衛生学

島 正之

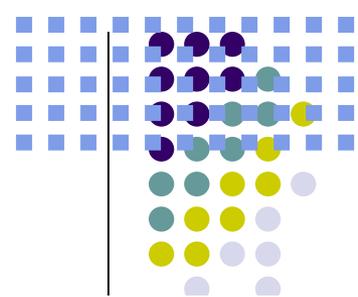


本日本話する主要内容

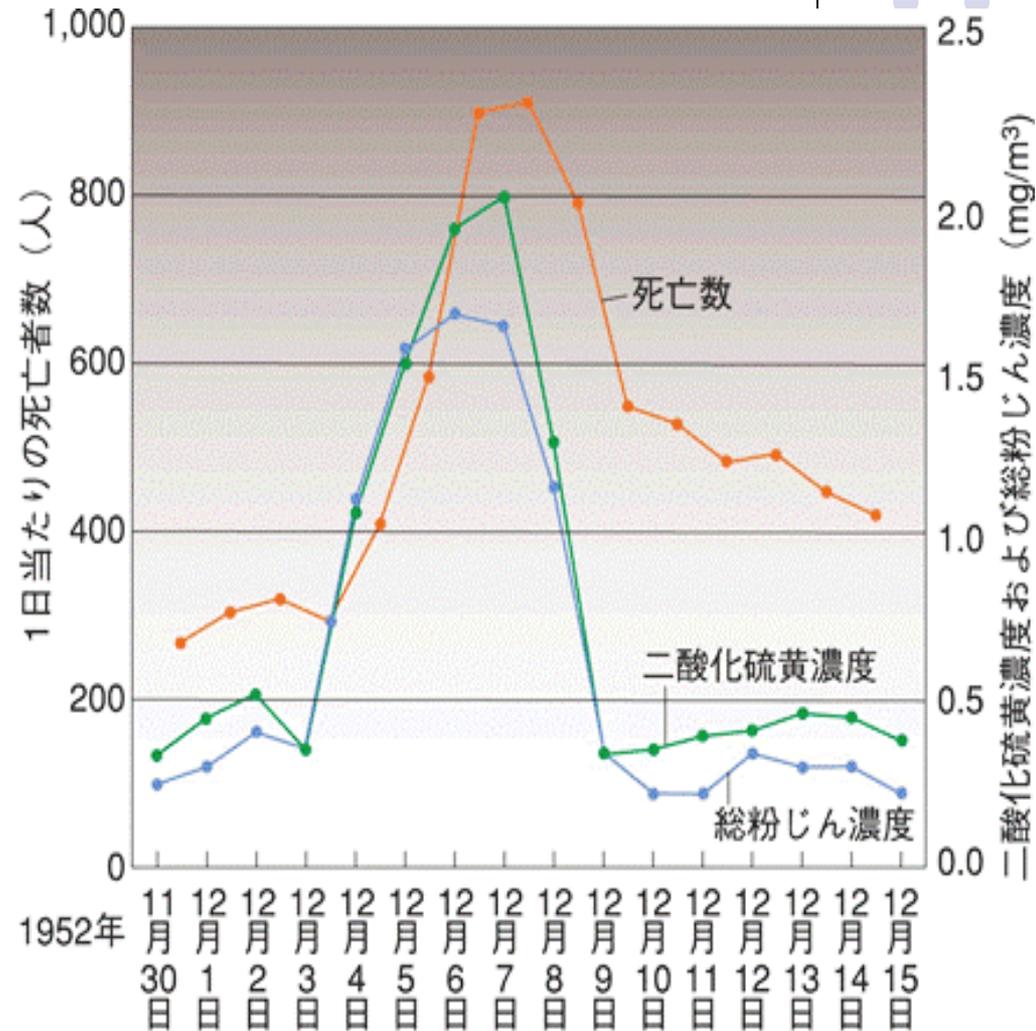


- 世界とインドにおける大気汚染の現状
- 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の健康影響
 - 海外における知見
 - 日本における知見
 - インドにおける知見
- 環境基準と大気汚染への対策

ロンドンスモッグ事件 (1952年12月)

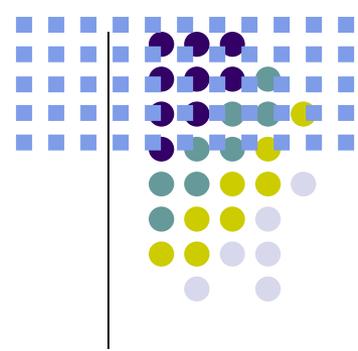


- 石炭暖房による高濃度二酸化硫黄の発生
- 2週間で約4,000名の過剰死亡(その後の影響を含め8,000名)
- 特に、気管支炎による死亡の増加、心疾患のある人への影響が大



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

粒子状物質の定義



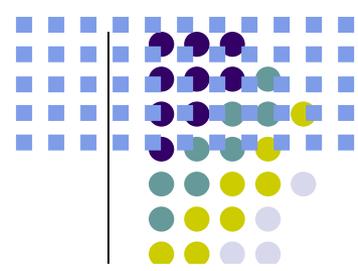
- 浮遊粒子状物質

Suspended Particulate Matter (SPM)

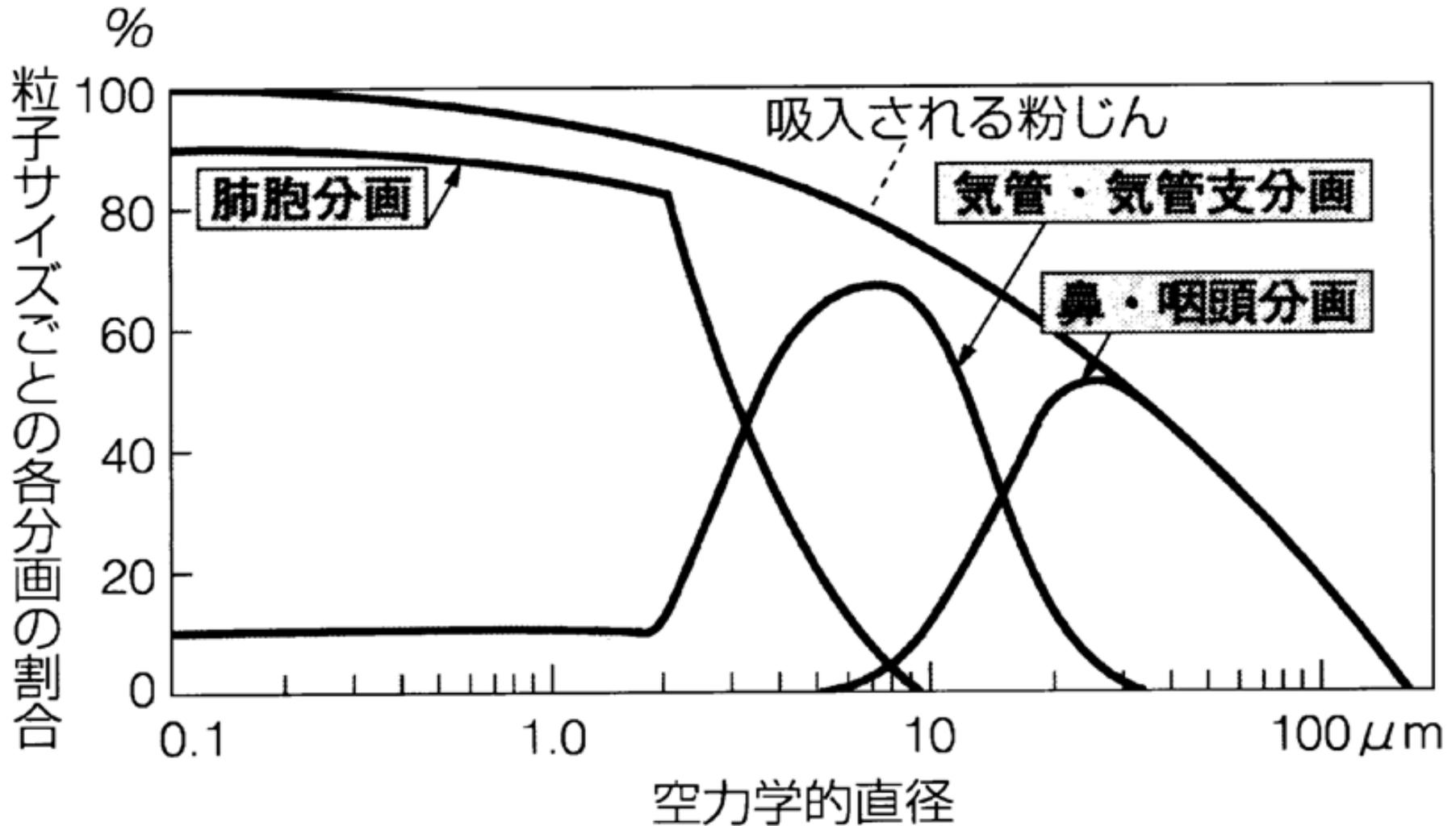
- 大気中に比較的長く浮遊し、呼吸器系に吸入される粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子

- 微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$)

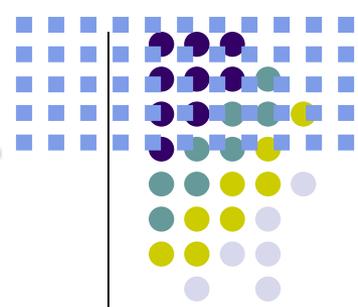
- 粒子状物質の中でも粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小なもの
- 呼吸器系の深部まで到達しやすく、粒子表面に様々な有害成分が吸収・吸着されていること等から健康影響が懸念されている。



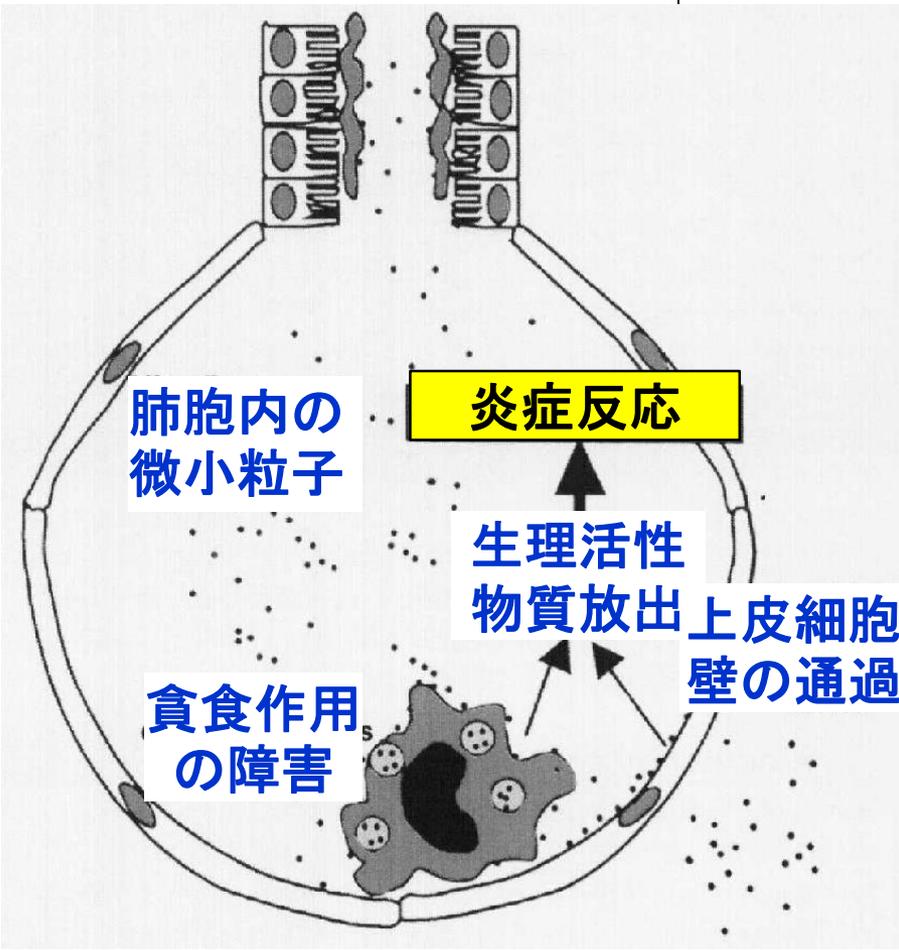
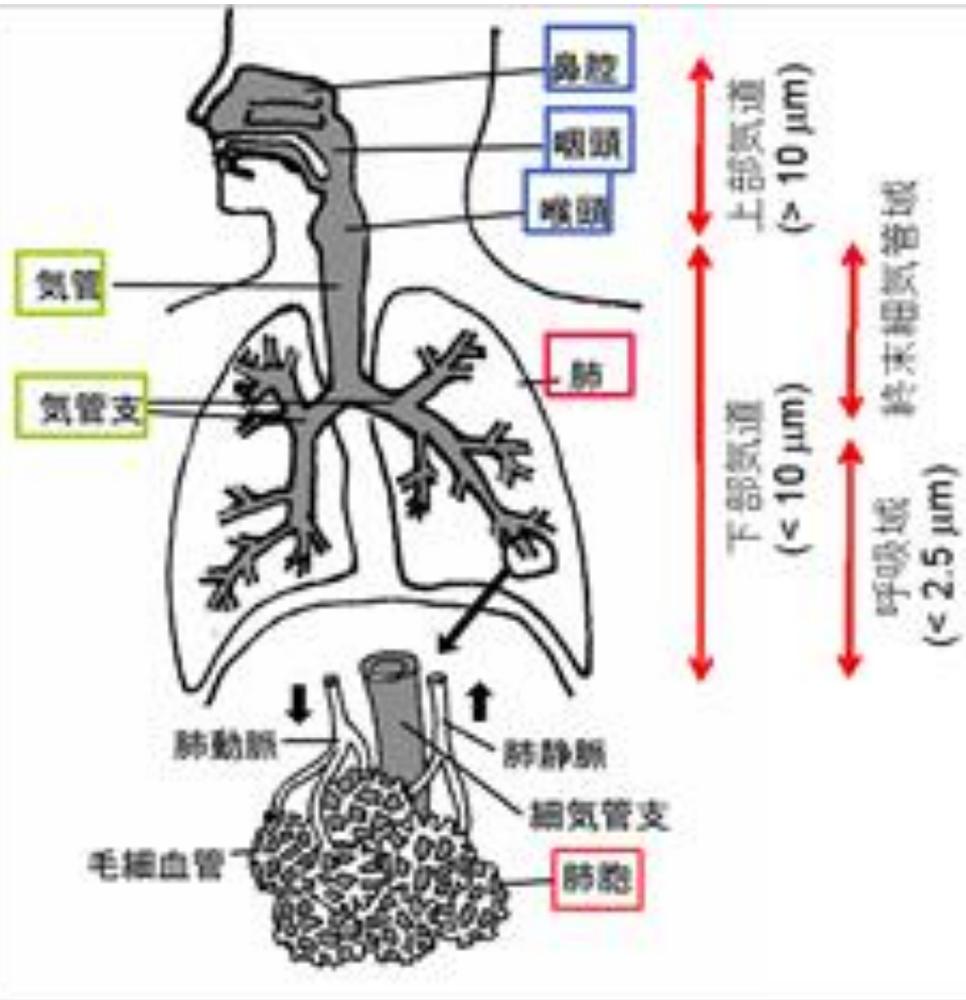
粒子状物質の呼吸器への沈着



(ISO, 1981)



粒子の大きさと呼吸器への沈着



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_{2.5}, PM₁₀)に係る環境基準等

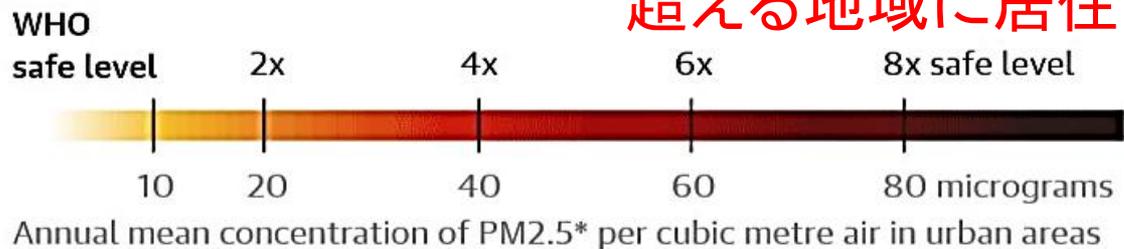
		日本	米国	インド	WHO
PM _{2.5}	24時間平均	35 µg/m ³ *	35 µg/m ³	60 µg/m ³	25 µg/m ³
	年平均	15 µg/m ³ *	12 µg/m ³	40 µg/m ³	10 µg/m ³
PM ₁₀	24時間平均	100 µg/m ³ **	150 µg/m ³	100 µg/m ³	50 µg/m ³
	年平均	—	—	60 µg/m ³	20 µg/m ³

* 日本のPM_{2.5}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PM₇に相当)

91% of the world's population live in areas with air pollution above WHO limits

世界人口の91%は大気汚染がWHO基準を超える地域に居住している。

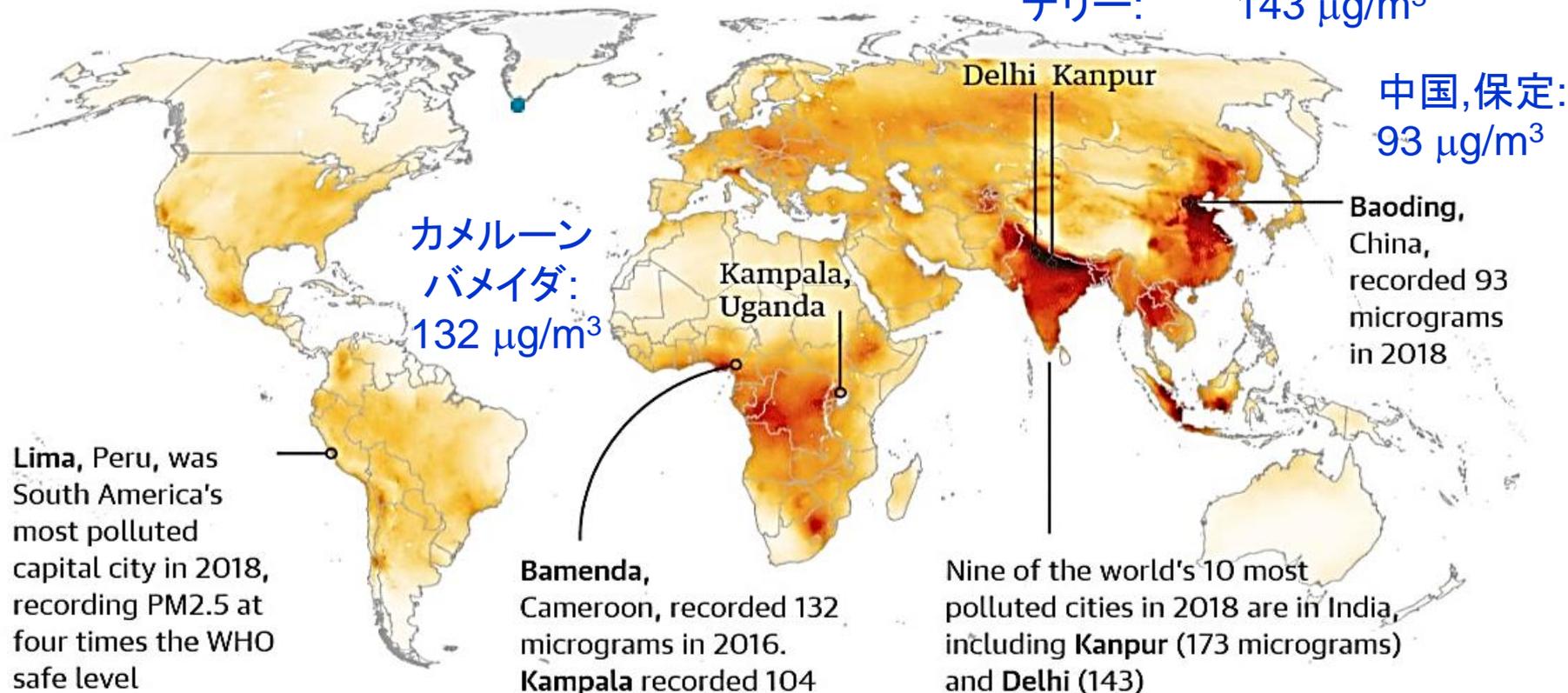


インド

カンプル: 173 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

デリー: 143 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

中国, 保定:
93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



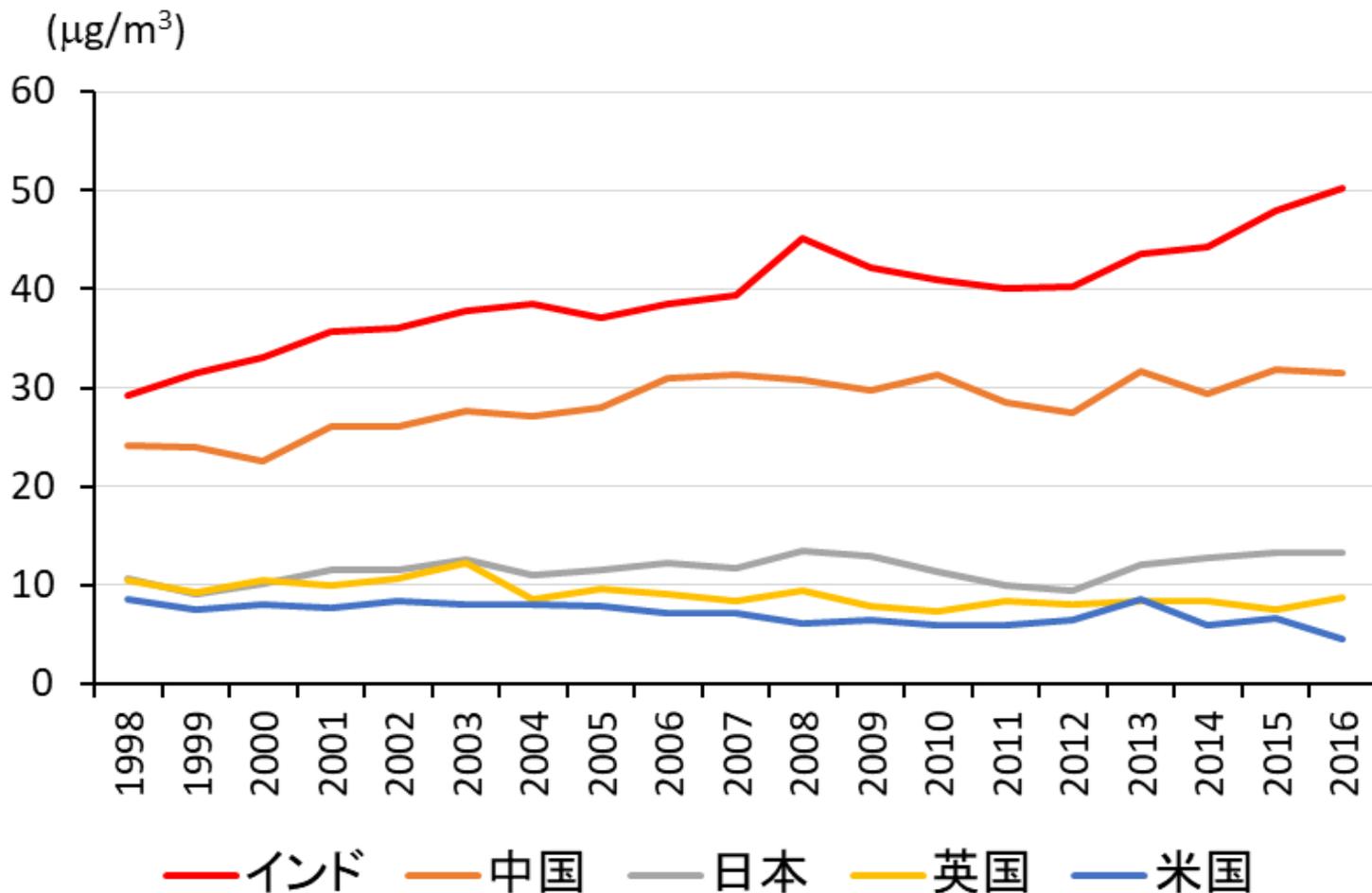
世界の粒子状物質濃度の年平均値

	国	都市	PM _{2.5} (μg/m ³)	測定年
1	インド	Kanpur	173	2016
2		Faridabad	172	2016
3		Gaya	149	2016
4		Varanasi	146	2016
5		Patna	144	2016
6		Delhi	143	2016
7		Lucknow	138	2016
8	カメルーン	Bamenda	132	2012
9	インド	Agra	131	2016
10		Gurgaon	120	2016
<hr/>				
19	中国	Baoding (保定)	93	2016
54		Beijing (北京)	73	2016
92	インド	Mumbai	64	2016
<hr/>				
参考	日本	東京、大阪	17	2014

WHO. Ambient Air Pollution Database, 2018.

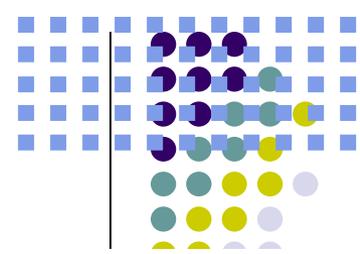
国別PM_{2.5}濃度の推移

人工衛星からの観測による推計値(年平均)



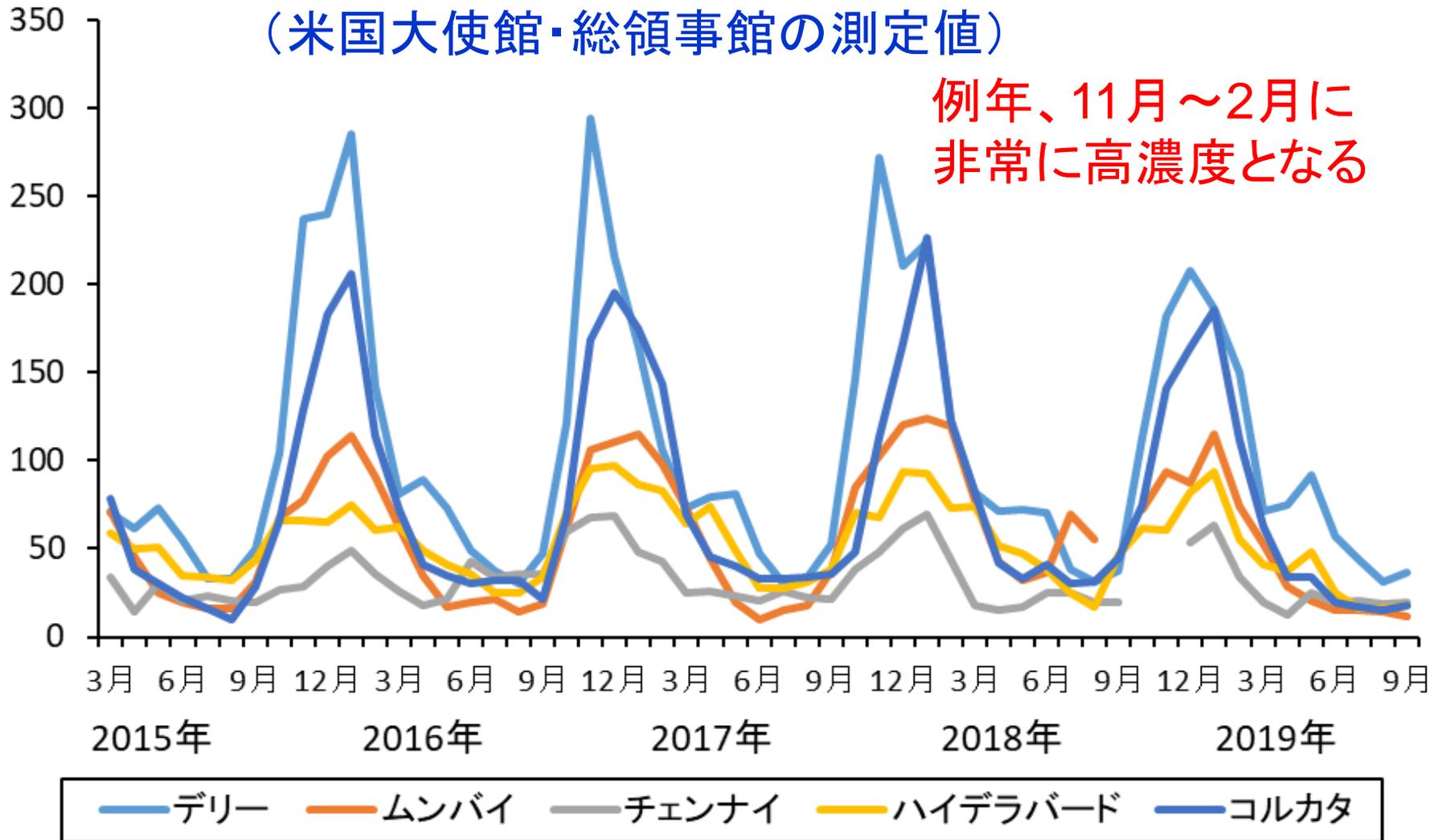
出典: Dalhousie University (Canada), Atmospheric Composition Analysis Group, <http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/>

インドにおけるPM_{2.5}濃度



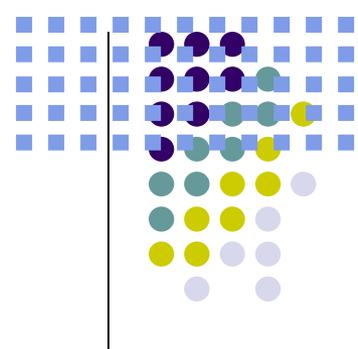
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

2015～2019年の月平均値の推移
(米国大使館・総領事館の測定値)

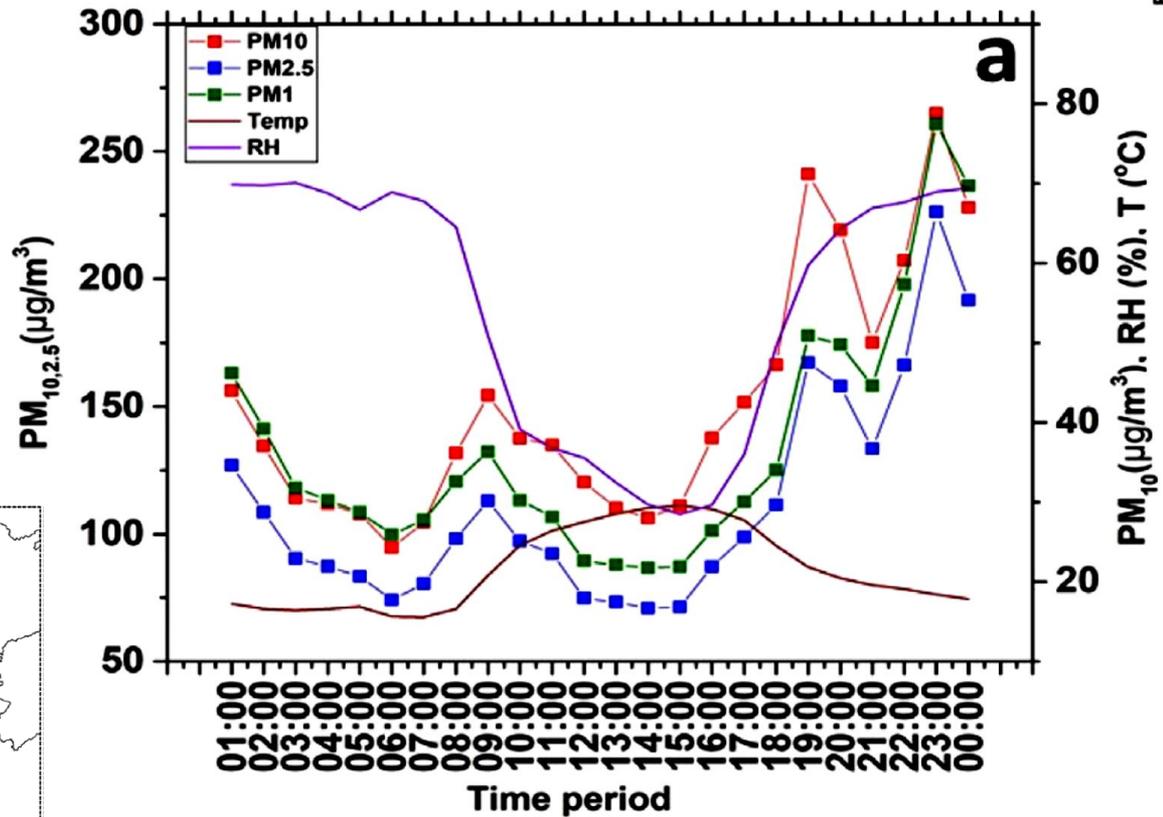
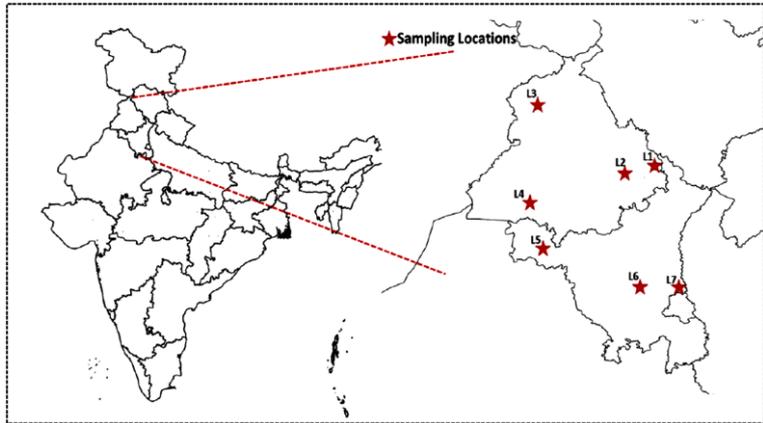


粒子状物質濃度の日内変動

Indo-Gangetic Plainの7地点で測定
(2016年10月27日～12月6日)

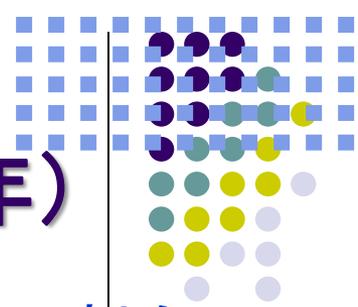


夕方～夜間に高濃度
となることが多い

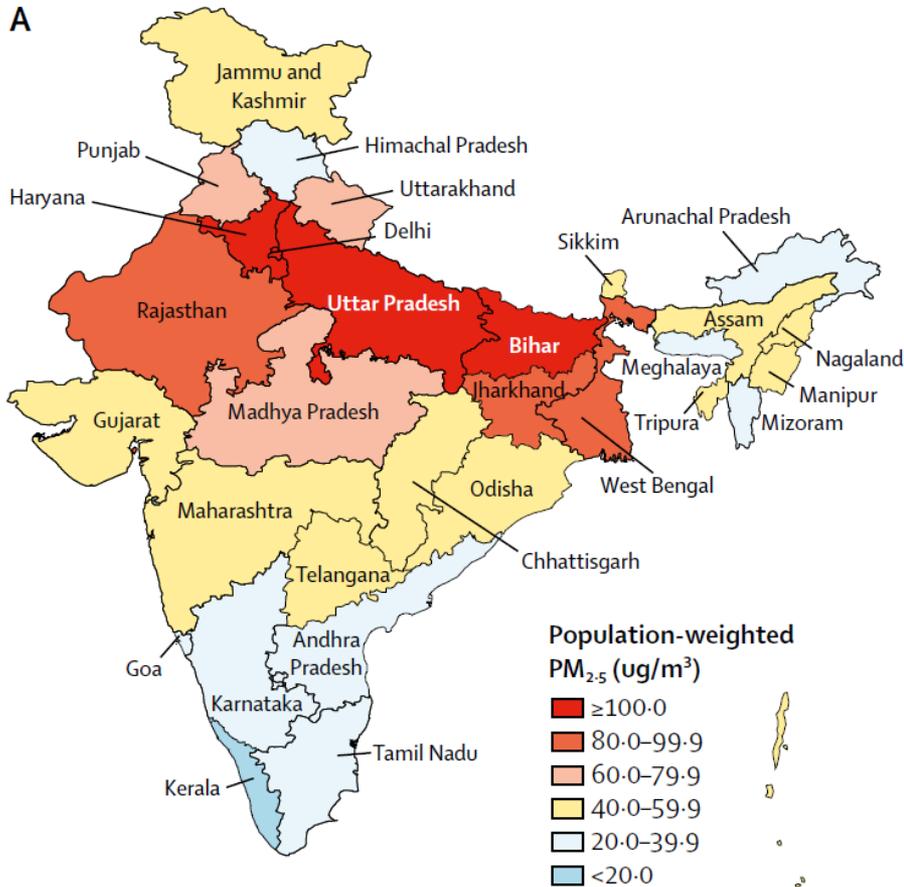


(Ravindra, et al. Science of the Total Environment, 2019)

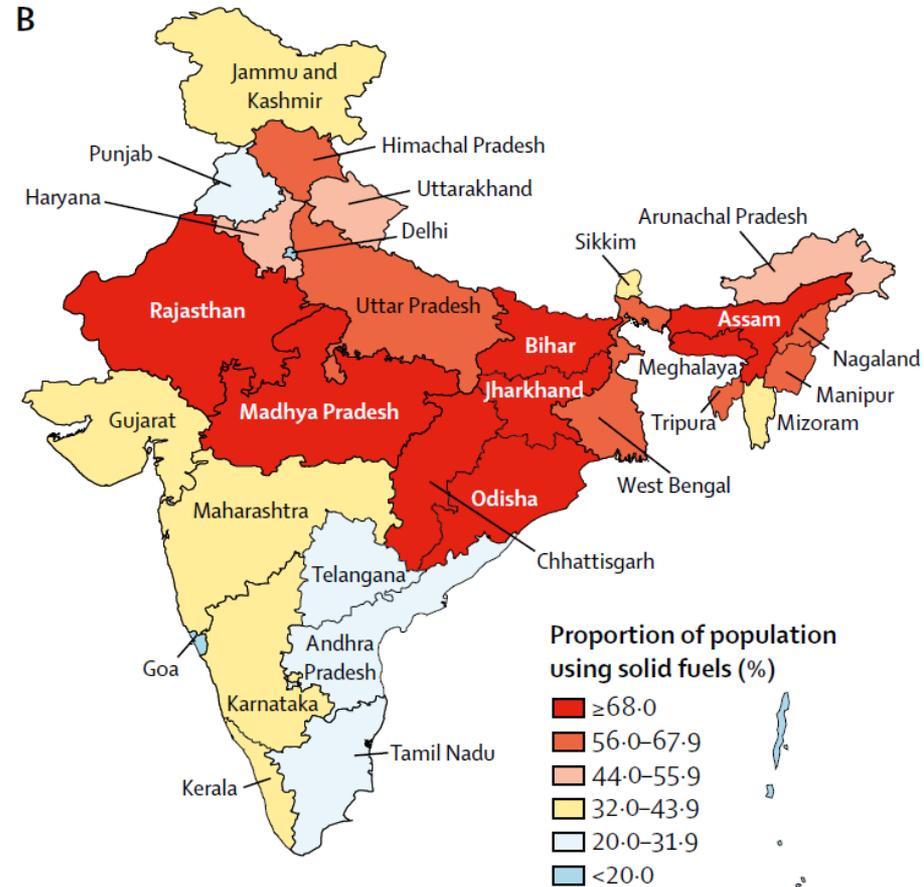
PM_{2.5}濃度と固形燃料の関係(2017年)



PM_{2.5}濃度人口荷重平均値

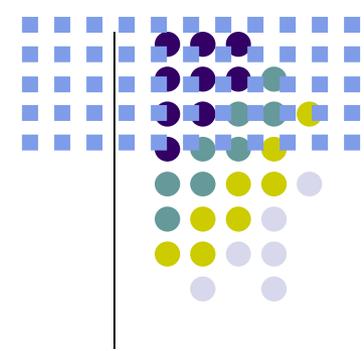


固形燃料使用人口の割合

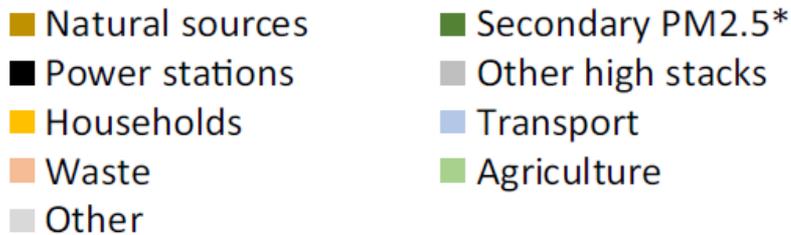
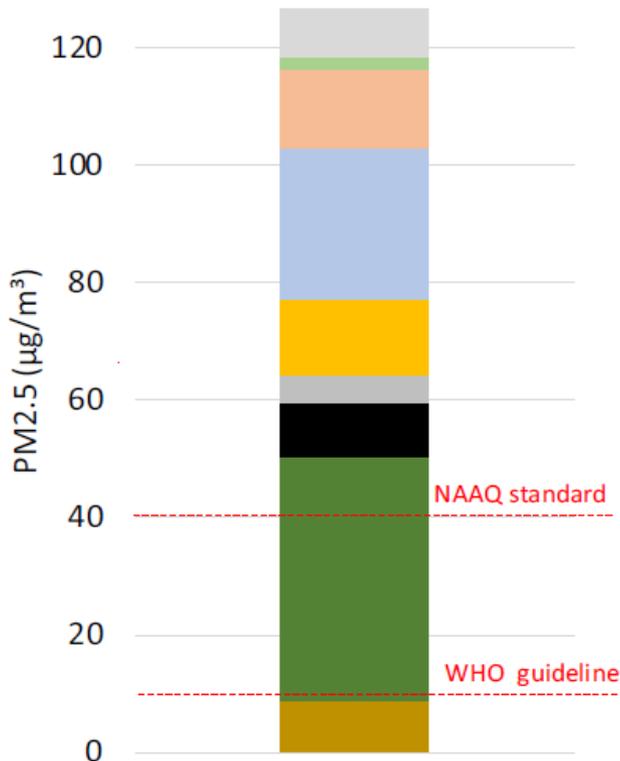


(India State-Level Disease Burden Initiative Air Pollution Collaborators. Lancet Planetary Health, 2019)

デリーにおけるPM_{2.5}の発生源



By source sectors



- 自然界由来
- 二次生成物質
- 工場・発電所等の排煙
- 家屋内発生
 - 木炭、牛糞などの固形燃料
- 自動車の排ガス
- 廃棄物
- 農業廃棄物の焼却
- その他

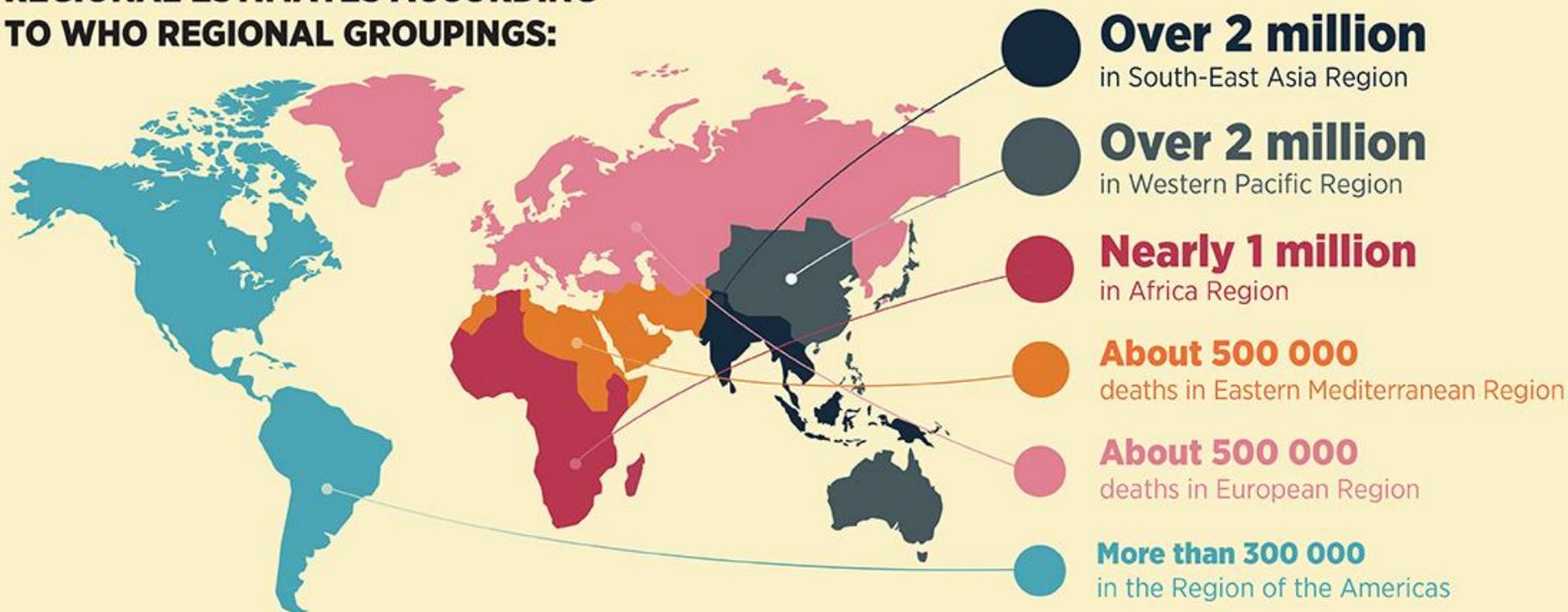
(Purohit, et al. Environment International, 2019)

空気汚染による死亡者数

世界保健機関(WHO)の推計(2016年)

- 全世界での推定死亡数: 約700万人
 - 屋外大気汚染により420万人
 - 屋内空気汚染(調理、暖房等)により380万人

REGIONAL ESTIMATES ACCORDING TO WHO REGIONAL GROUPINGS:



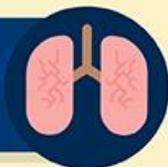
(WHO, 2018)



7 million people die prematurely every year from air pollution – both household and outdoor.

Among these deaths:

大気汚染で死亡する700万人の死因



21% are due to pneumonia **肺炎**



20% from stroke **脳卒中**



34%
from ischaemic heart disease



19% from chronic obstructive pulmonary disease (COPD) **慢性閉塞性肺疾患 (COPD)**



7% from lung cancer

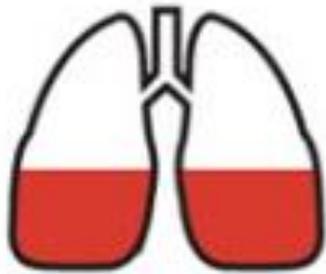
肺がん

(WHO, 2018)



THE INVISIBLE KILLER

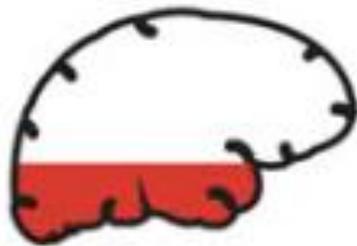
Air pollution may not always be visible, but it can be deadly.



29%

OF DEATHS FROM
LUNG CANCER

肺がん



24%

OF DEATHS FROM
STROKE

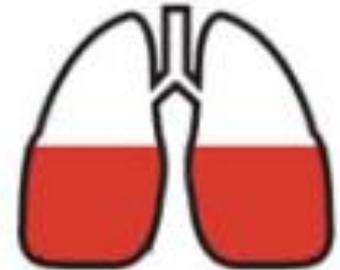
脳卒中



25%

OF DEATHS FROM
HEART DISEASE

心疾患



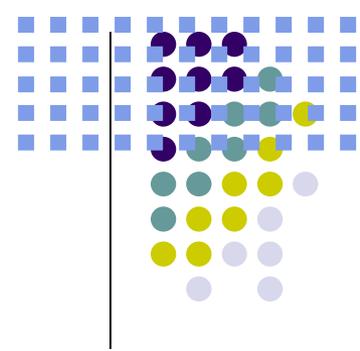
43%

OF DEATHS FROM
LUNG DISEASE

肺疾患

それぞれの疾患による死亡のうち、大気汚染が関与する割合

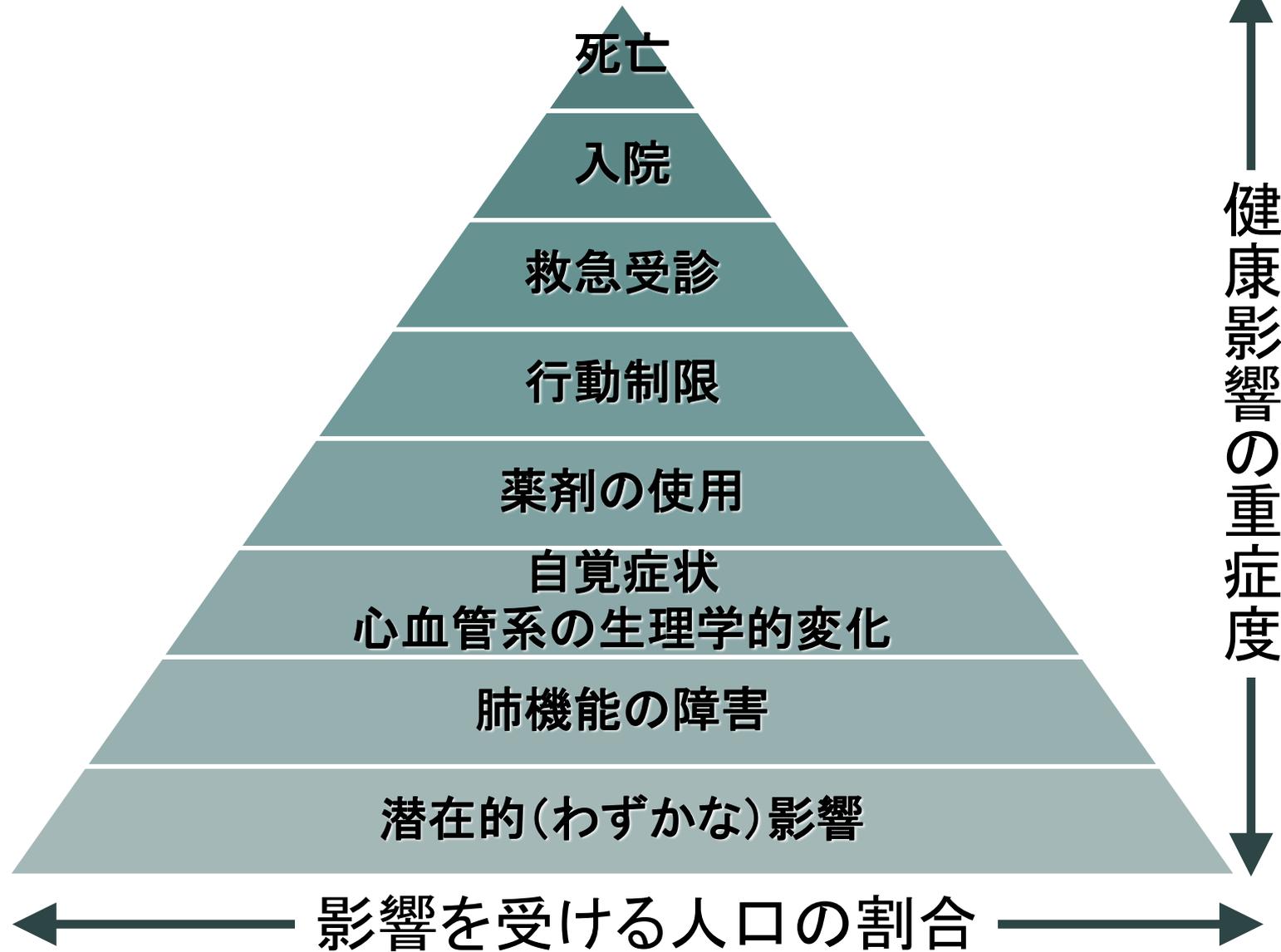
Air pollution is the “new tobacco”



- Tedros Adhanom Ghebreyesus (WHO head)
- The world has turned the corner on tobacco. Now it must do the same for the ‘new tobacco’ — the toxic air that billions breathe every day.
- No one, rich or poor, can escape air pollution. It is a silent public health emergency.
- This is a defining moment and we must scale up action to urgently respond to this challenge.

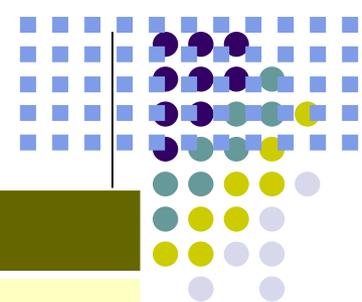
(27 October, 2018, The Guardian)

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



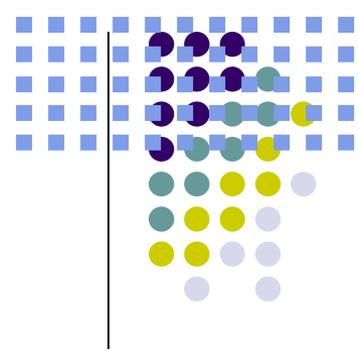
短期曝露による影響

- 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)

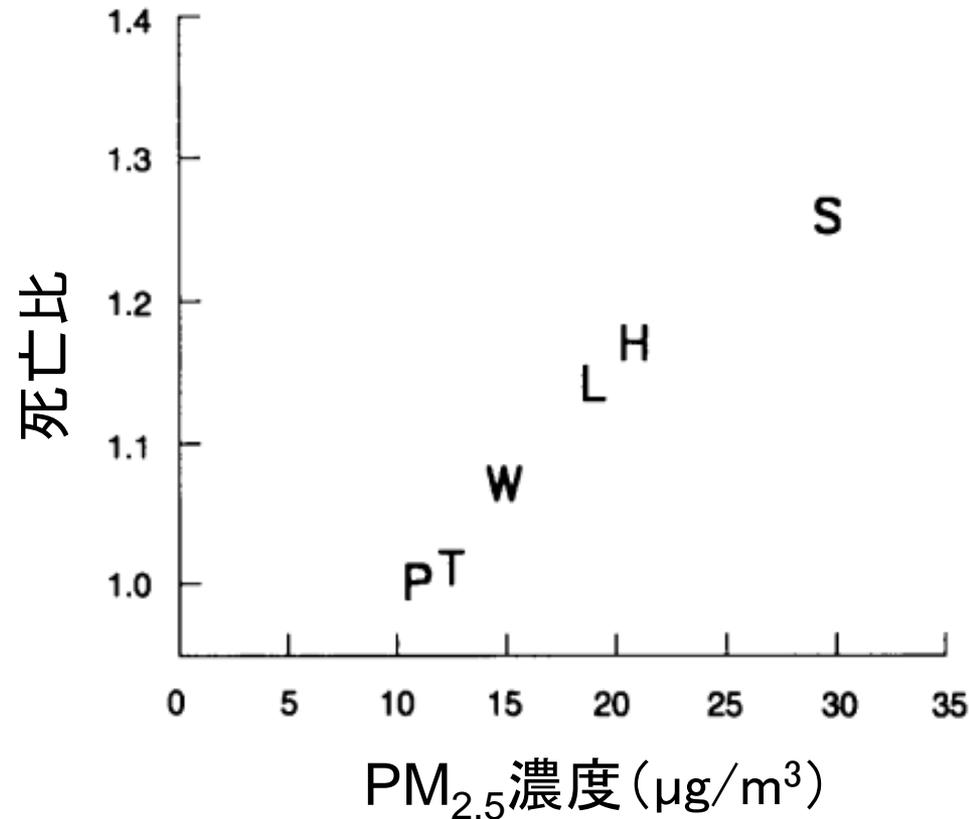
長期曝露による影響

- 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)

微小粒子(PM_{2.5})の健康影響

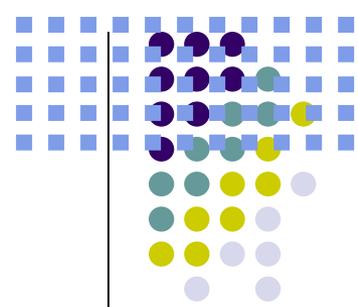


- 米国東部6都市の住民約8,000人を14～16年にわたって追跡調査
- 年齢、性、喫煙、職業等を調整した死亡率は、大気汚染レベルの高い都市ほど高く、各都市のPM_{2.5}濃度との間に強い関連が認められた。



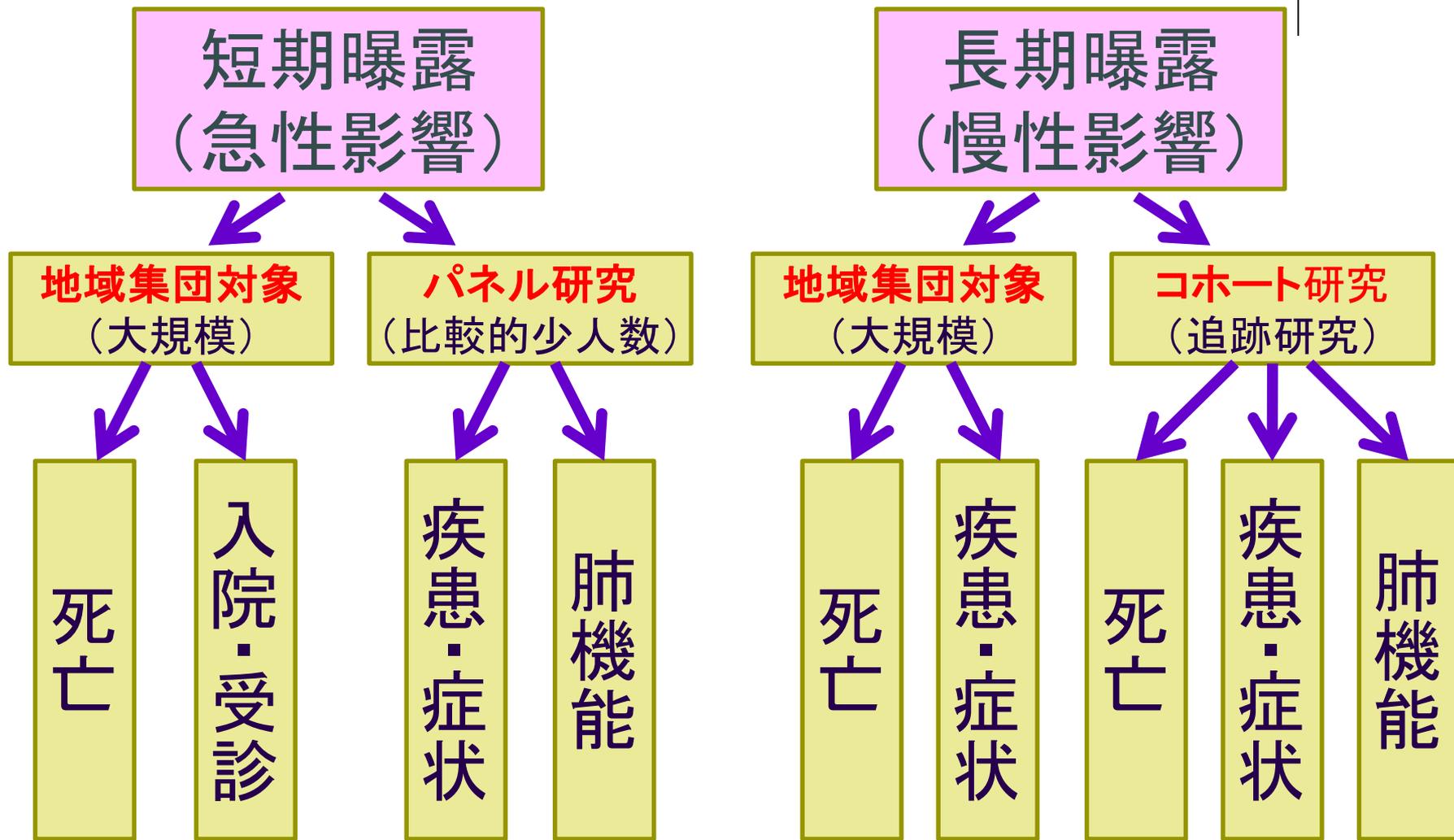
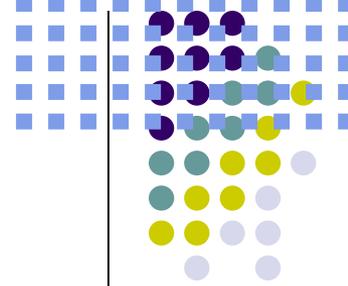
(Dockery DW, et al. N Engl J Med, 329: 1753-9, 1993)

微小粒子(PM_{2.5})の健康影響

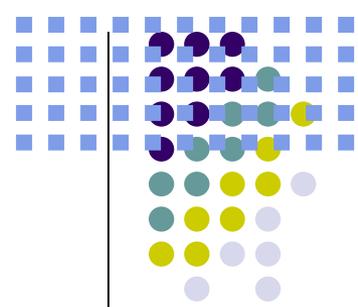


- 1990年代以降、諸外国で、大気中微小粒子状物質(PM_{2.5})と呼吸器・循環器系疾患による受診、入院、死亡との関係が示され、近年は虚血性心疾患に及ぼす影響が注目されている。
- 日本でも、PM_{2.5}濃度と呼吸器疾患による日死亡、喘息児の症状増悪などとの関連が認められている。

大気汚染物質の健康影響に関する研究のデザイン

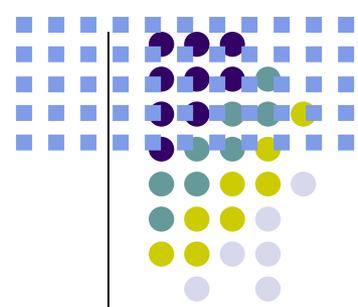


PM_{2.5}短期曝露と死亡の関連



- PM_{2.5}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_{2.5}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_{2.5}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。

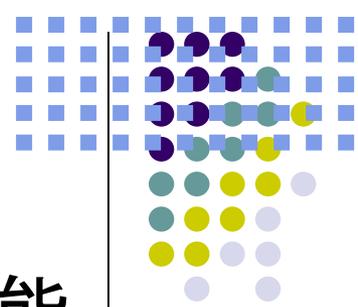
呼吸器疾患による入院・救急受診



- PM_{2.5}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_{2.5}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



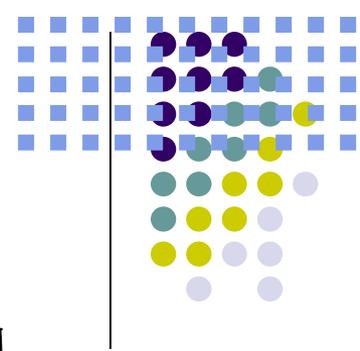
- ピークフロー値（最大呼気流量）等の肺機能の日単位の変化との関連が検討されている。
- 喘息患者を対象とした研究
 - ピークフロー値はPM_{2.5}濃度が増加すると有意に低下するものが多い。
 - 1秒量についても同様の関連が認められている。
- 喘息患者以外（健常者）を対象とした研究
 - 報告数は少なく、明らかな関連性を認めていないものが多い。
- ピークフロー値(PEF): できるだけ早く息を吐き出す速度(最大呼気流量)
- 1秒量(FEV₁): 努力呼出の開始から1秒間に呼出した空気の量

(U.S. EPA. 2012)

循環器疾患による入院・救急受診

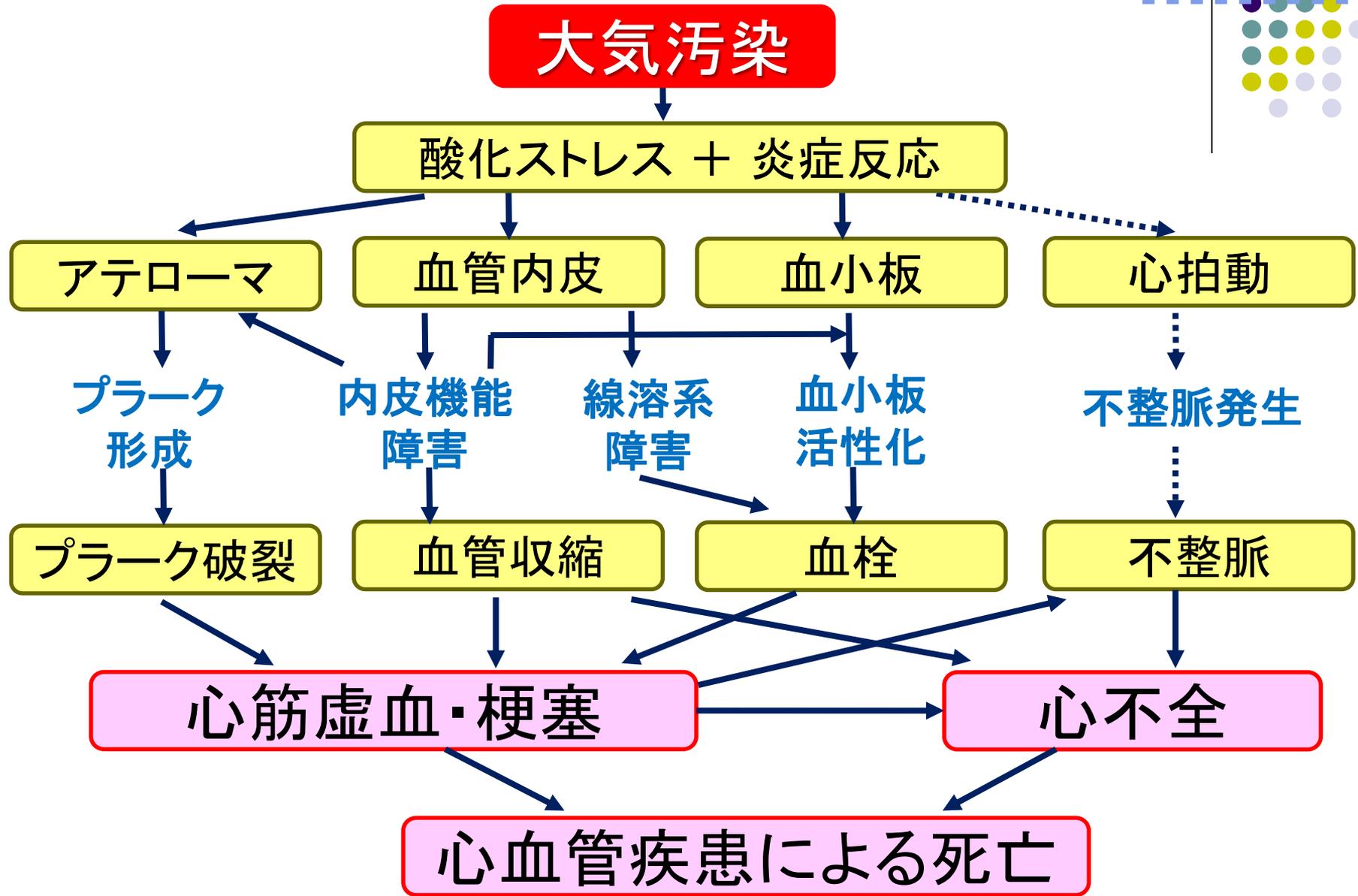
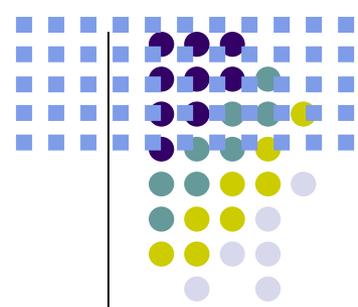
- PM_{2.5}への曝露と循環器疾患（主に虚血性心疾患、うっ血性心不全）による救急受診や入院の増加との関連が多数報告されている。
 - 日平均値が7.0～18.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で認められる。
- PM_{2.5}への短期的な曝露と脳卒中の発症との関連も示されている。
 - 脳梗塞発症リスクは日平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上では15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満の日よりも34%増加する。

循環器系の所見との関連

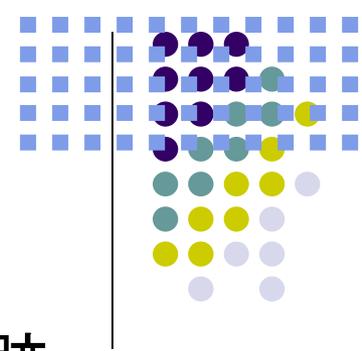


- PM_{2.5}への曝露濃度の上昇により、以下の所見が報告されている。
 - 心拍数の増加
 - 心拍変動の低下
 - 安静時血圧の上昇
 - 不整脈の発生
 - 血液生化学指標の変化

大気汚染の循環器系への影響



長期曝露の死亡への影響



- 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_{2.5}濃度10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇に伴う死亡リスク

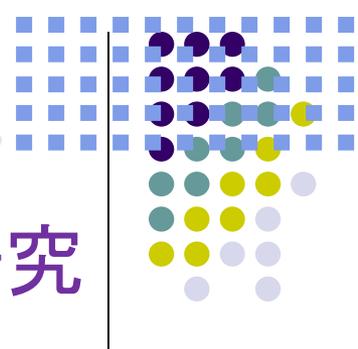
Table 2. Adjusted Mortality Relative Risk (RR) Associated With a 10- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Change in Fine Particles Measuring Less Than 2.5 μm in Diameter

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_{2.5}濃度10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇に伴うリスク

- 死亡

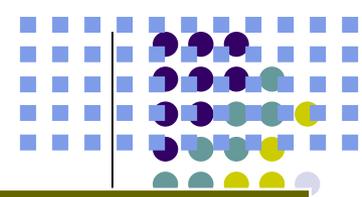
- 循環器疾患 1.83 (1.11-3.00)
- 冠動脈疾患 2.21 (1.17-4.16)

- 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)

PM_{2.5}の健康影響(米国EPA)



曝露期間	健康影響	因果関係の評価	
		2009年	2018年(案)
長期曝露	死亡	明確	明確
	心血管系	明確	明確
	呼吸器系	ほぼ明確	ほぼ明確
	発がん	示唆	ほぼ明確
	妊娠・生殖・発達	示唆	示唆
	神経系	—	ほぼ明確
	代謝系	—	示唆
短期曝露	死亡	明確	明確
	心血管系	明確	明確
	呼吸器系	ほぼ明確	ほぼ明確
	神経系	不十分	示唆
	代謝系	—	示唆



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

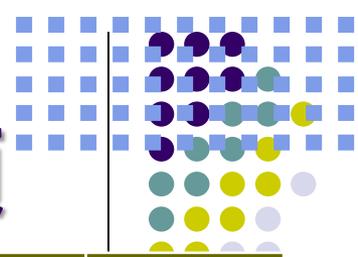
Lyon/Geneva, 17 October 2013 – The specialized cancer agency of the World Health Organization, the International Agency for Research on Cancer (IARC), announced today that it has classified outdoor air pollution as *carcinogenic to humans* (Group 1).¹

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.

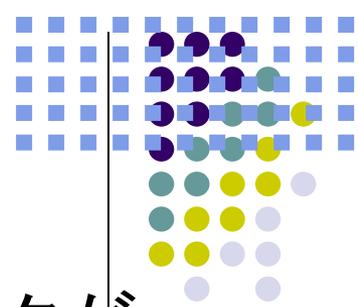
国際がん研究機関の発がん性分類



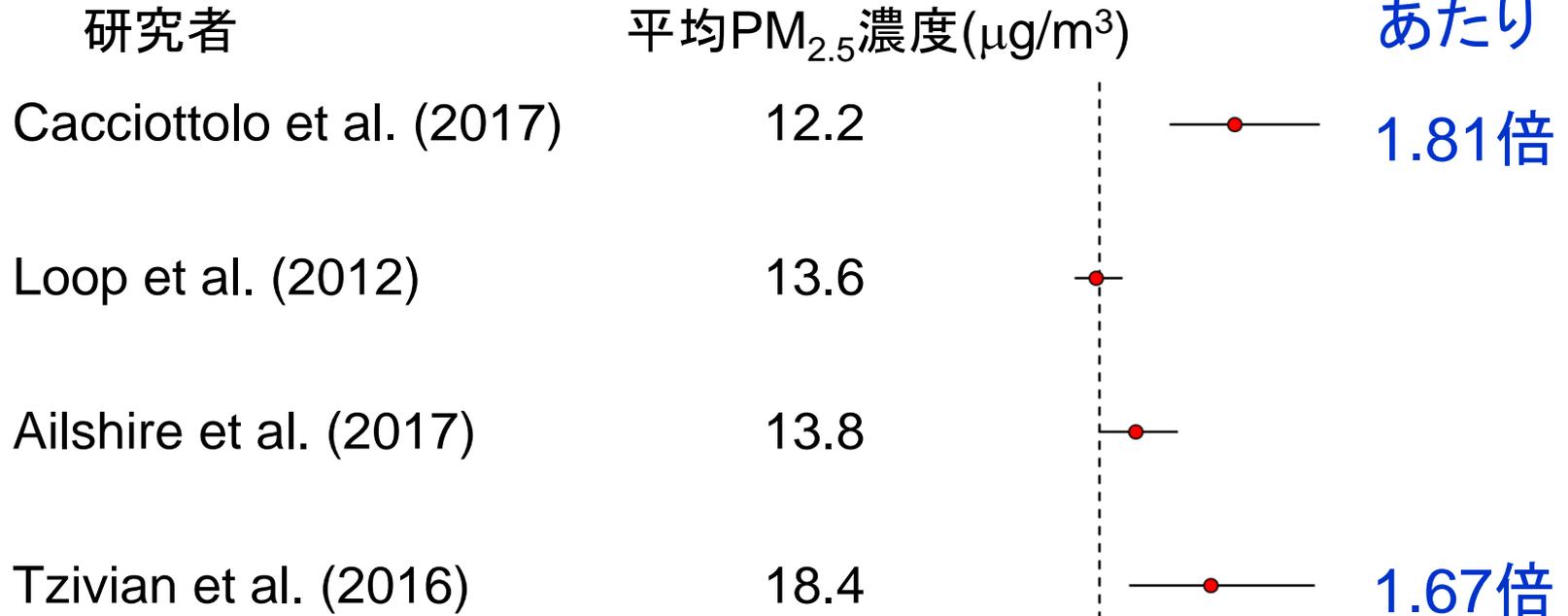
グループ	発がんリスク	主な物質	種類
1	発がん性がある	アスベスト、ダイオキシン、放射線、たばこ、アルコール飲料、太陽光、ラドン、 大気汚染、粒子状物質	120
2A	おそらく発がん性がある	非常に熱い飲み物、鉛化合物、石油精製業、アクリルアミド、理容師・美容師、シフト勤務	82
2B	発がん性があるかもしれない	漬物、わらび、携帯電話の電磁波、超低周波磁界、ガソリン	311
3	発がん性がある と分類できない	カフェイン、お茶、髪の色料、水銀、コーヒー、マテ茶	500

(IARC. Last update: 23 September 2019)

PM_{2.5}と認知機能低下との関連



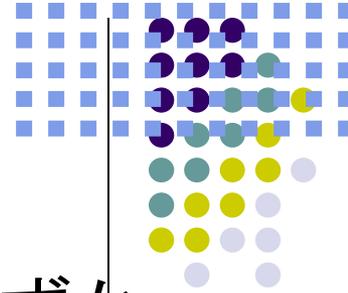
- PM_{2.5}濃度が増加すると認知機能低下のリスクが高くなるという報告があるが、関連はなかったとするものもある。



(U.S. EPA. 2018)

0.5 1 1.5 2 2.5
Relative Risk (95% CI)

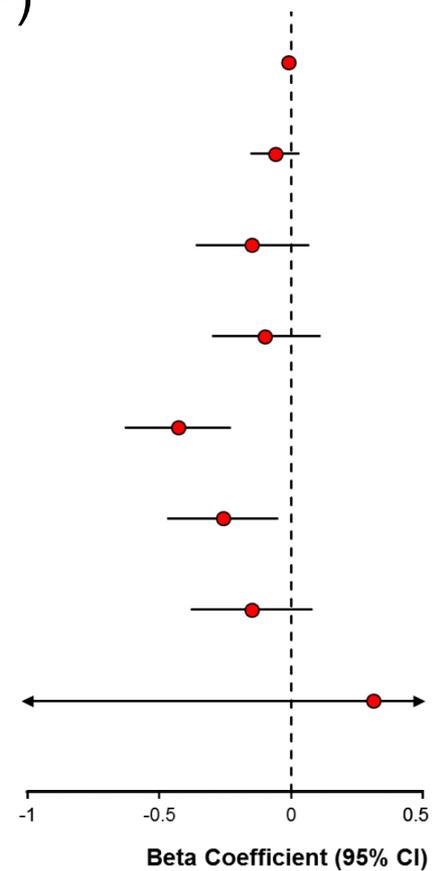
PM_{2.5}と認知機能スコアとの関連



- PM_{2.5}濃度が増加すると認知機能スコアがわずかに低下するという報告が多い。

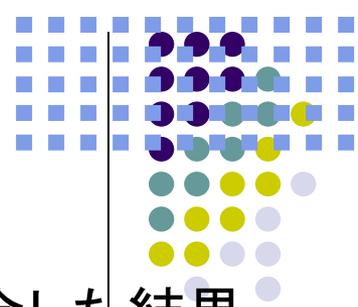
5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加
あたりの変化

研究者		平均PM _{2.5} 濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Weuve et al. (2012)		13.1
Tonne et al. (2014)	推理	14.9
	記憶	14.9
Ailshire et al. (2017)		11 v 8.9
		13 v 8.9
Gatto et al. (2014)		15.4 v <15
		17 v <15
Schikowski et al. (2015)		33.3



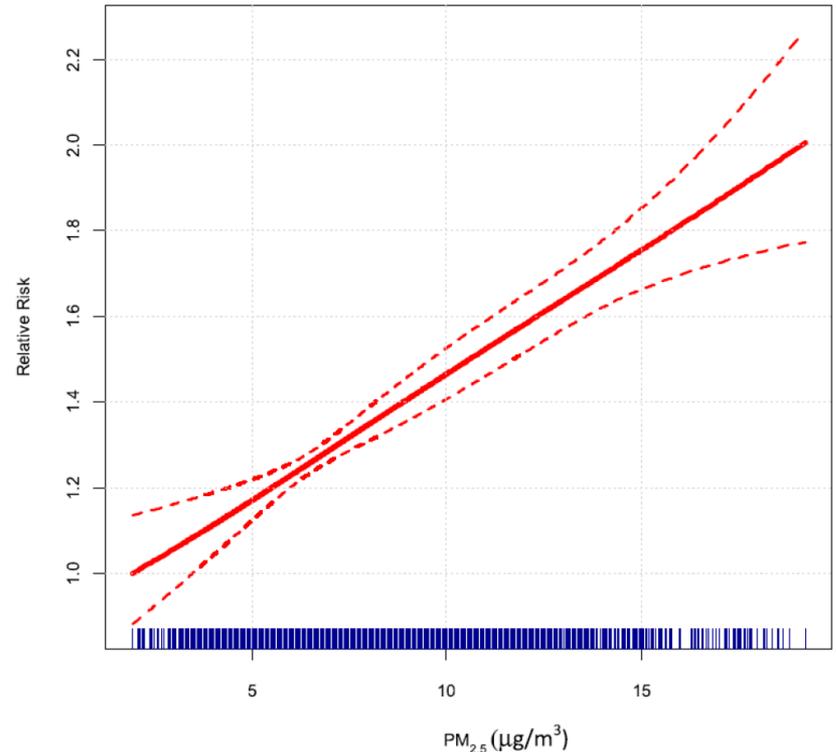
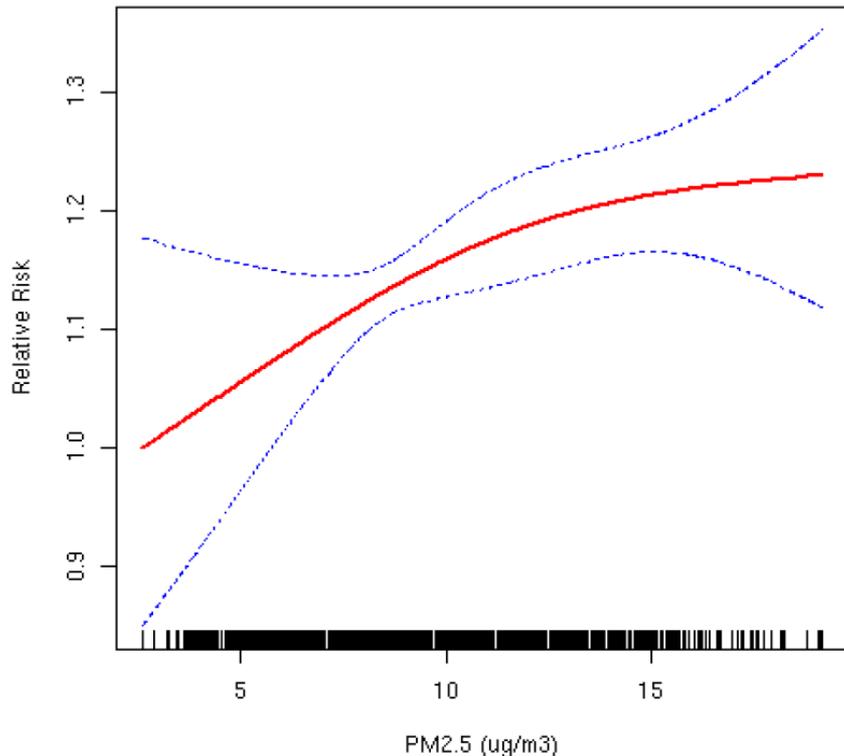
(U.S. EPA. 2018)

PM_{2.5}と糖尿病との関連



カナダで62,012人を15年間追跡し、長期的なPM_{2.5}曝露と糖尿病発症との関連が認められた。
(Chen et al. 2013)

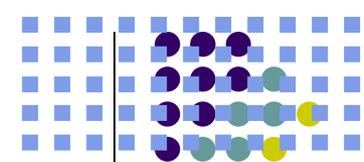
2つの大規模研究を統合した結果、長期的なPM_{2.5}曝露と糖尿病死亡率との関連が認められた。
(Brook et al. 2013)



平均濃度2.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の地域と比較したリスク

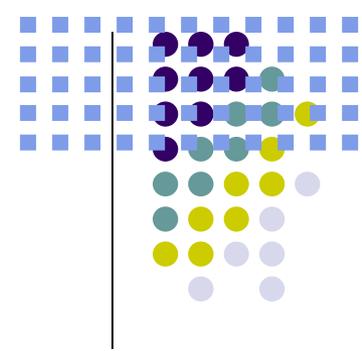
(U.S. EPA. 2018)

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 _{2.5} 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 _{2.5} 濃度の上昇により有意に増加
	循環器系	× 当日～5日前のPM _{2.5} 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 _{2.5} 濃度との関連なし(オゾン濃度とは関連あり)
	呼吸器系	○ PM _{2.5} 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 _{2.5} 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)

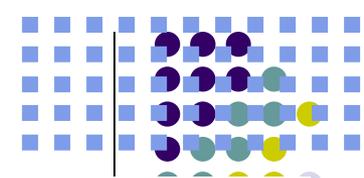
ピークフロー値との関連



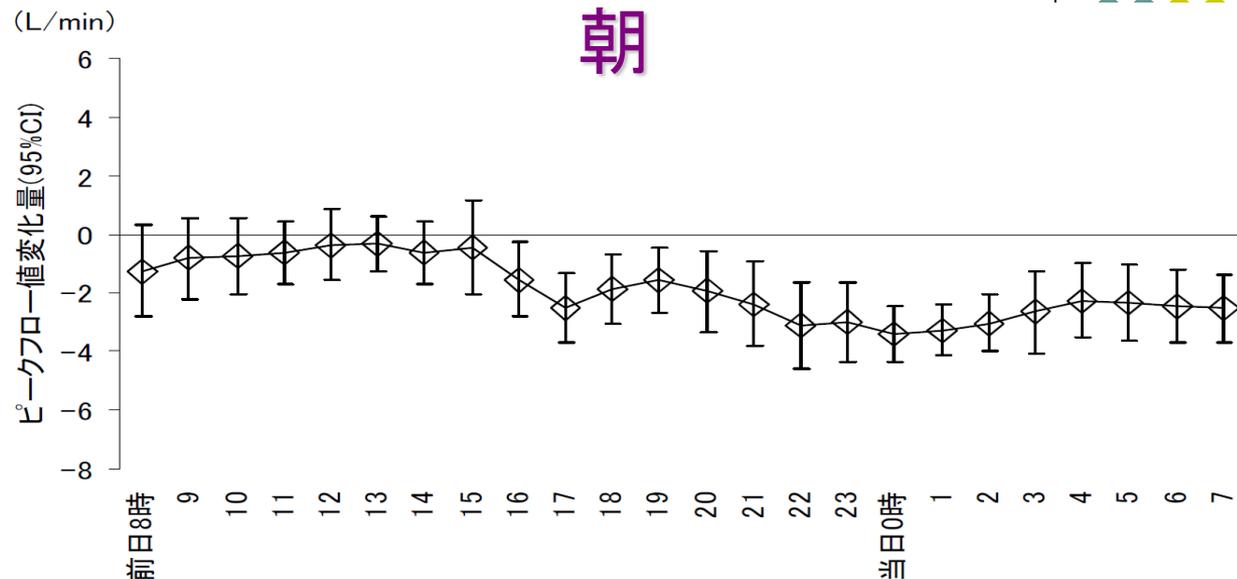
気管支喘息児（入院児）

- 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_{2.5}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_{2.5}濃度の関連を検討
 - 性，年齢，身長，気温の影響を調整
 - PM_{2.5}濃度が10 μg/m³増加したときのピークフロー値の変化量で示した。

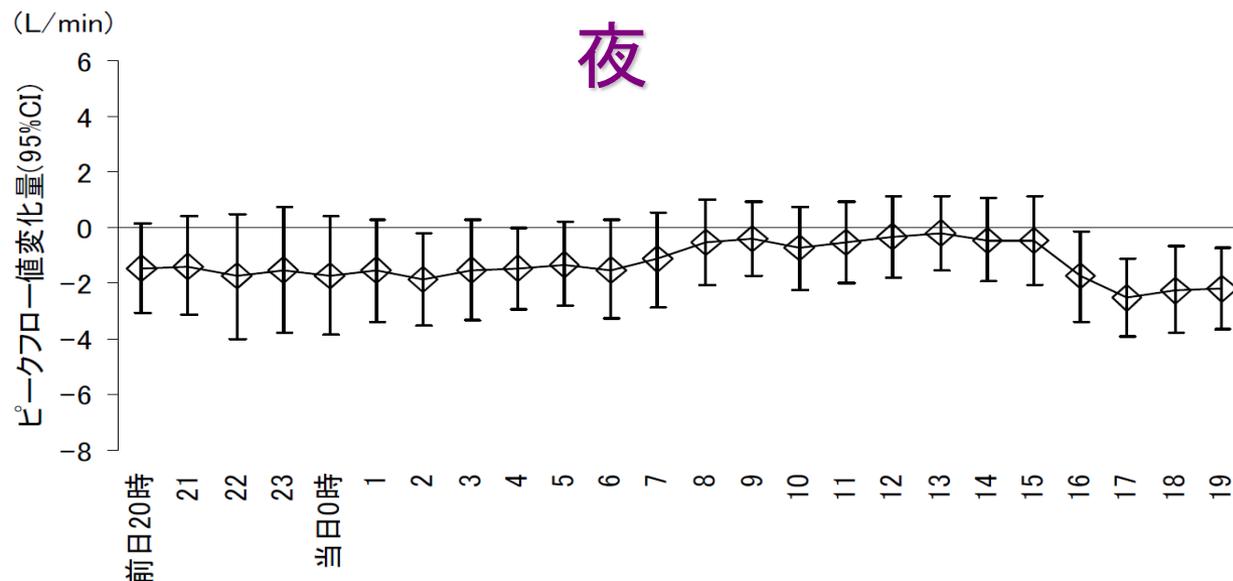
ピークフロー値変化量



24時間前～測定時の
1時間平均PM_{2.5}濃度
10 μg/m³増加あたり

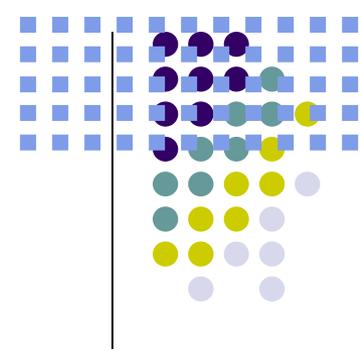


16時以降のPM_{2.5}
濃度が増加すると、
当日夜と翌日朝の
肺機能値の低下が
見られた。



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

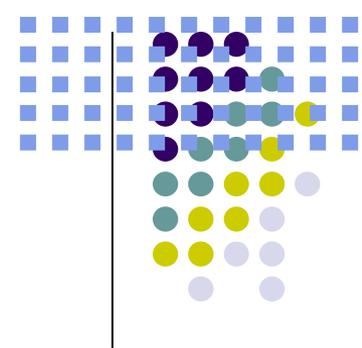
長期曝露の死亡への影響



● 3府県コホート研究

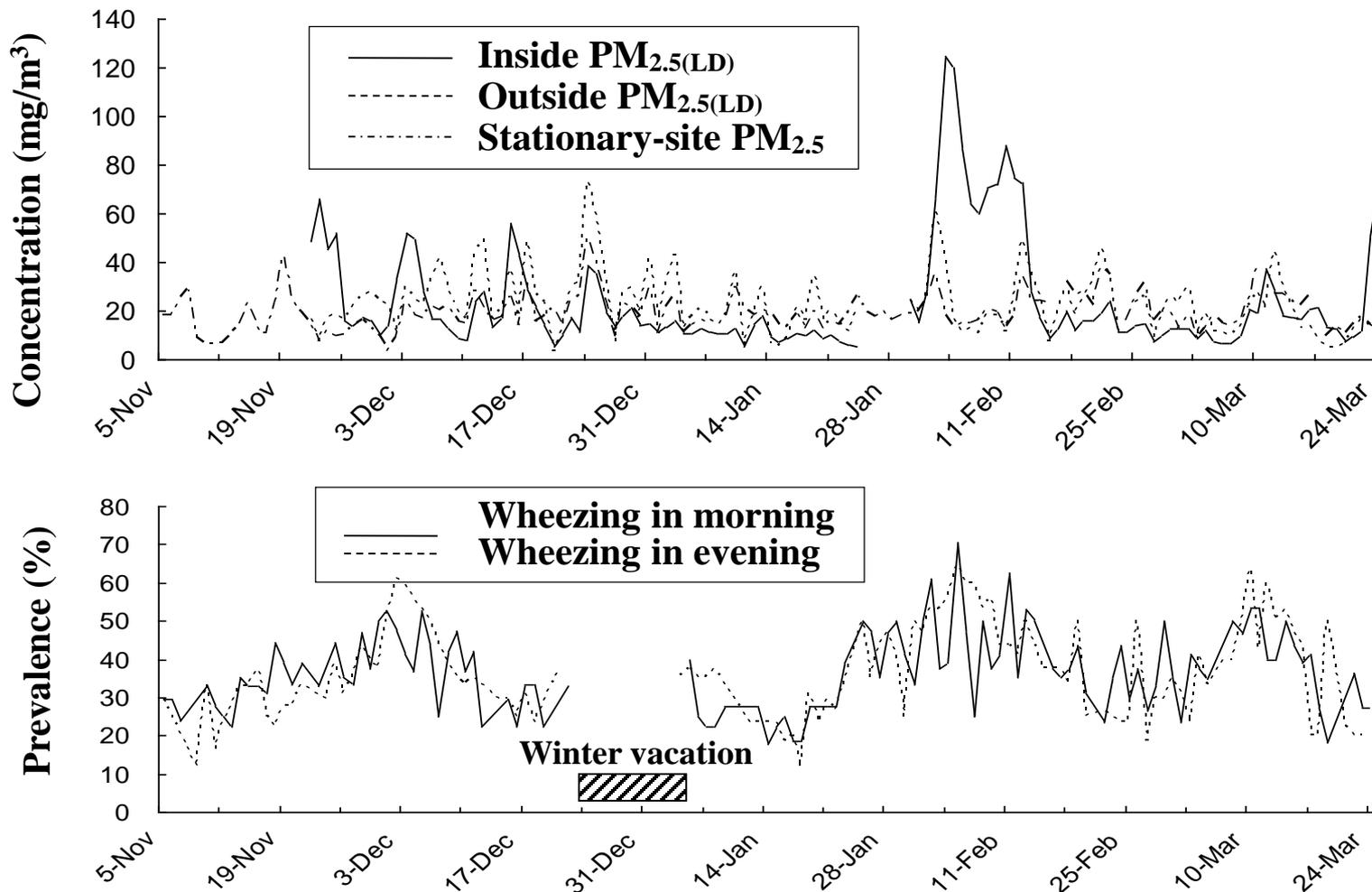
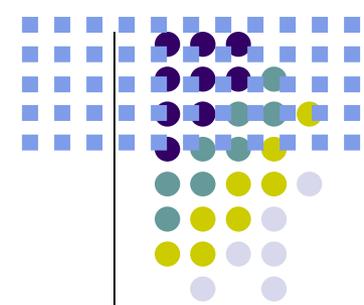
- 宮城県、愛知県、大阪府で、それぞれ都市地区と対照地区の40歳以上の男女約10万人を対象
- 1983～85年から10～15年間追跡
- 全死亡、循環器及び呼吸器系疾患による死亡はSPM濃度との関連はみられない(負の関連あり)。
- 肺がん死亡は、男性及び男女計でSPM濃度との間に有意な正の相関がみられた。
- 相対リスク(95%信頼区間)
 - SPM濃度 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加あたり 1.16 (1.08-1.25)
 - $\text{PM}_{2.5}$ 濃度に換算すれば、1.24 (1.12-1.37)

微小粒子状物質(PM_{2.5})の喘息に与える短期的影響



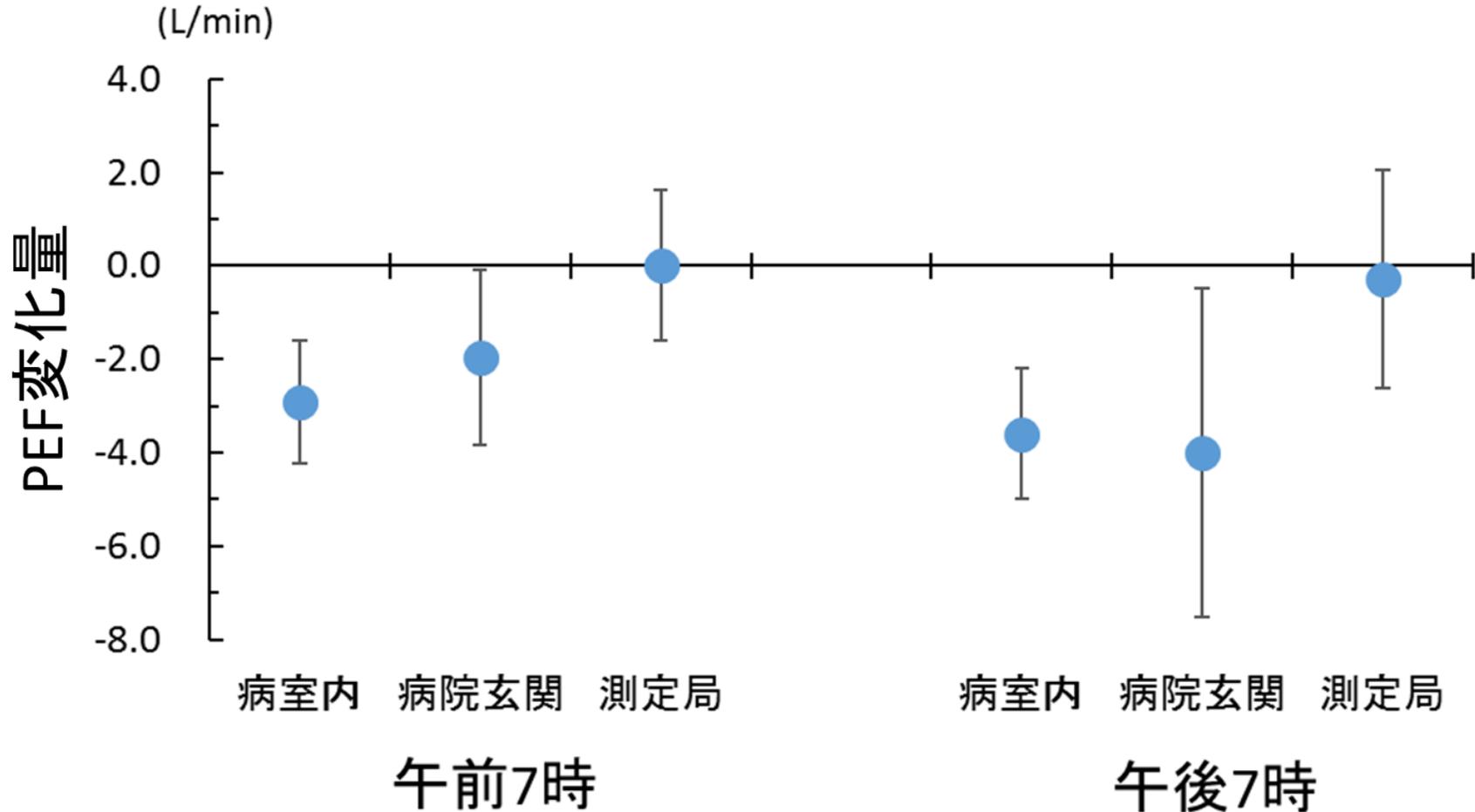
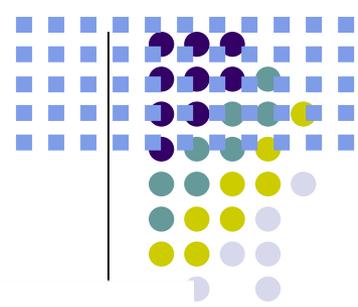
- 対象
 - 長期にわたって入院中の小児気管支喘息患者19名(8~15歳)
- 方法
 - 毎日、朝(午前6時)と夜(午後7時)に肺機能を測定し、看護師により喘鳴の有無を確認した。
 - PM_{2.5}濃度は、病院内(病室)、病院外(玄関)、病院に近接する一般環境大気測定局で測定
 - ピークフロー値(PEF)及び喘鳴症状とPM_{2.5}濃度との関連を解析した。

期間中のPM_{2.5}濃度及び 喘鳴症状有症率の推移



PM_{2.5}濃度とPEF変化との関連

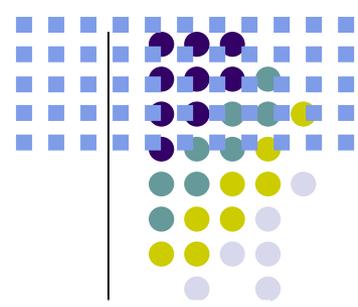
PM_{2.5} 10 μg/m³増加あたりの変化量(L/min)



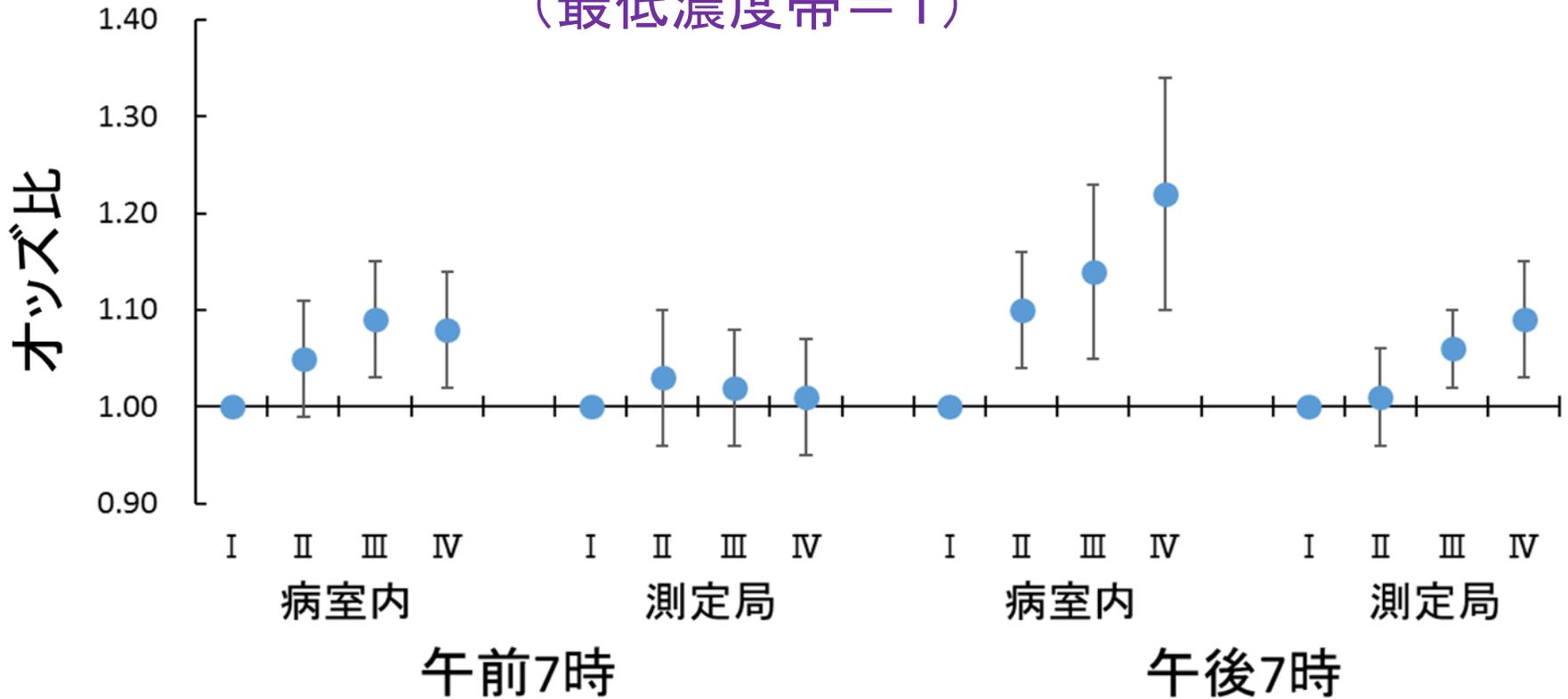
* 性、年齢、身長、期間中の成長、気温、相対湿度の影響を調整

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

PM_{2.5}濃度と喘鳴との関連



PM_{2.5} 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_{2.5}濃度 I : <11.0, II : 11.0-15.3, III : 15.4-27.9, IV : ≥28.0 μg/m³

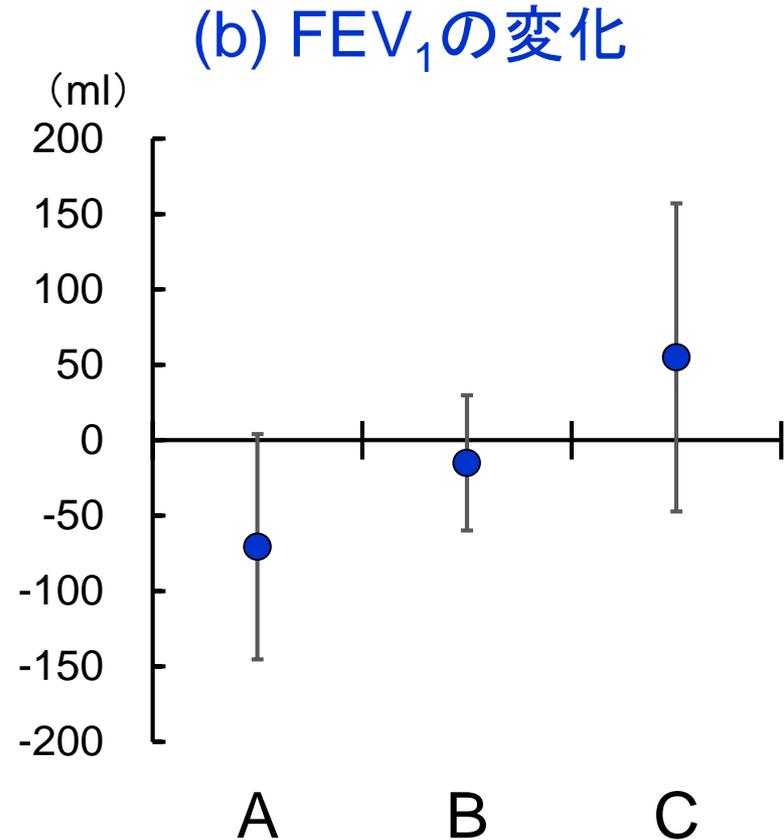
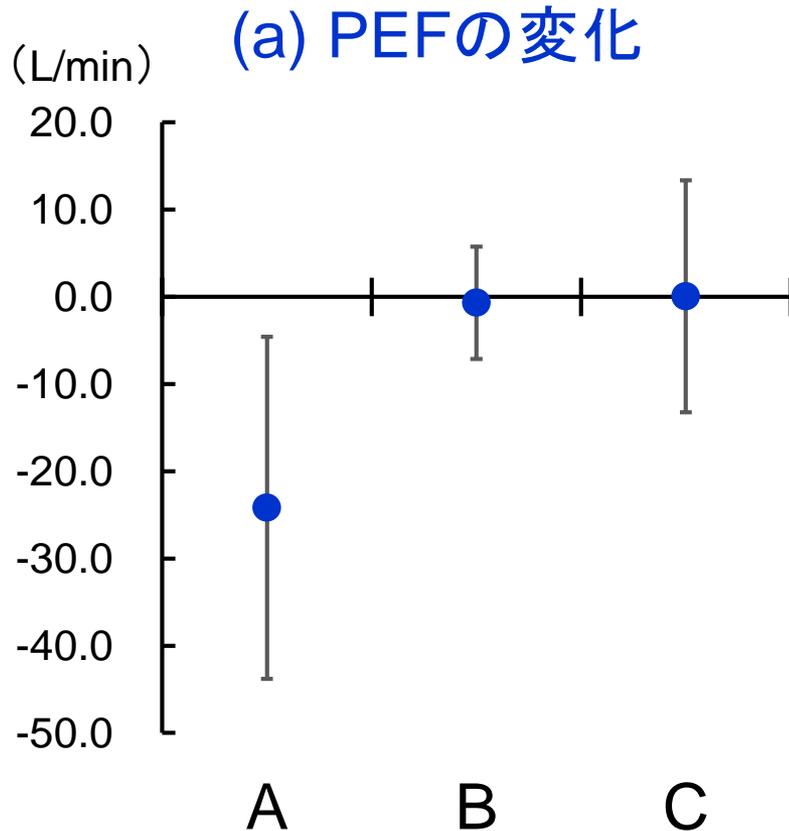
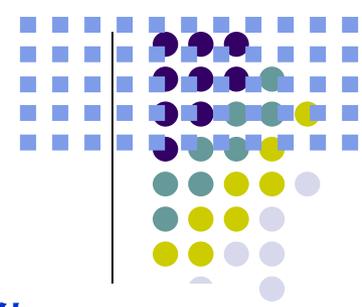
測定局PM_{2.5}濃度 I : <13.9, II : 13.9-18.1, III : 18.2-23.5, IV : ≥23.6 μg/m³

* 性、年齢、気温、相対湿度の影響を調整

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

PM_{2.5}濃度と肺機能との関連

PM_{2.5} 10 μg/m³増加あたりの変化量



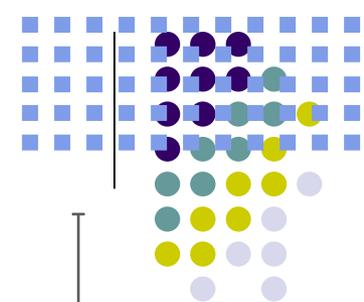
A: 喘息の既往あり (n = 9)

B: 喘息以外のアレルギー疾患の既往あり (n = 8)

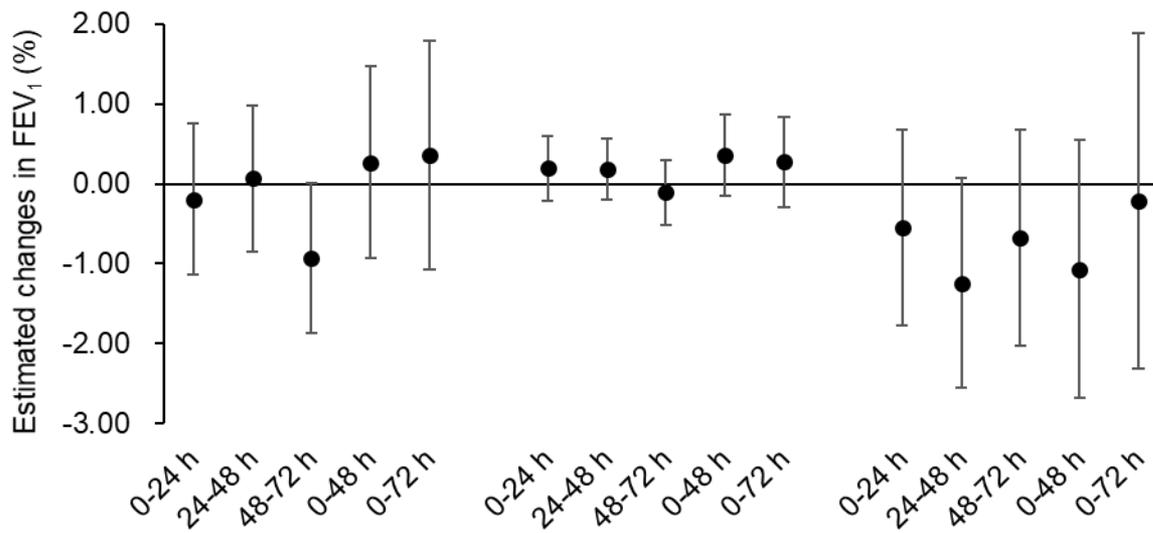
C: 喘息、アレルギー疾患の既往なし (n = 20)

(余田, 島, 他. アレルギー, 64: 128-135, 2015)

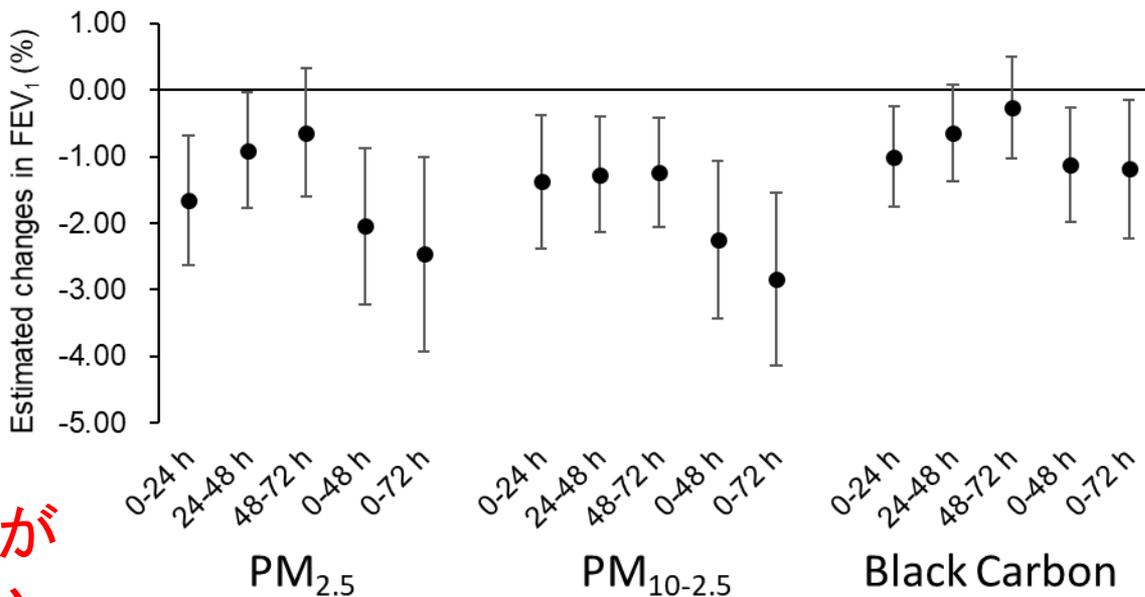
粒子状物質濃度と肺機能の関連



5~6月

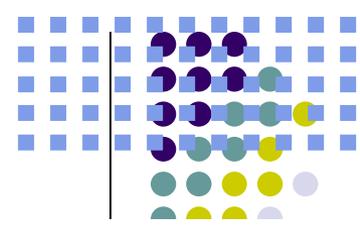


10~11月

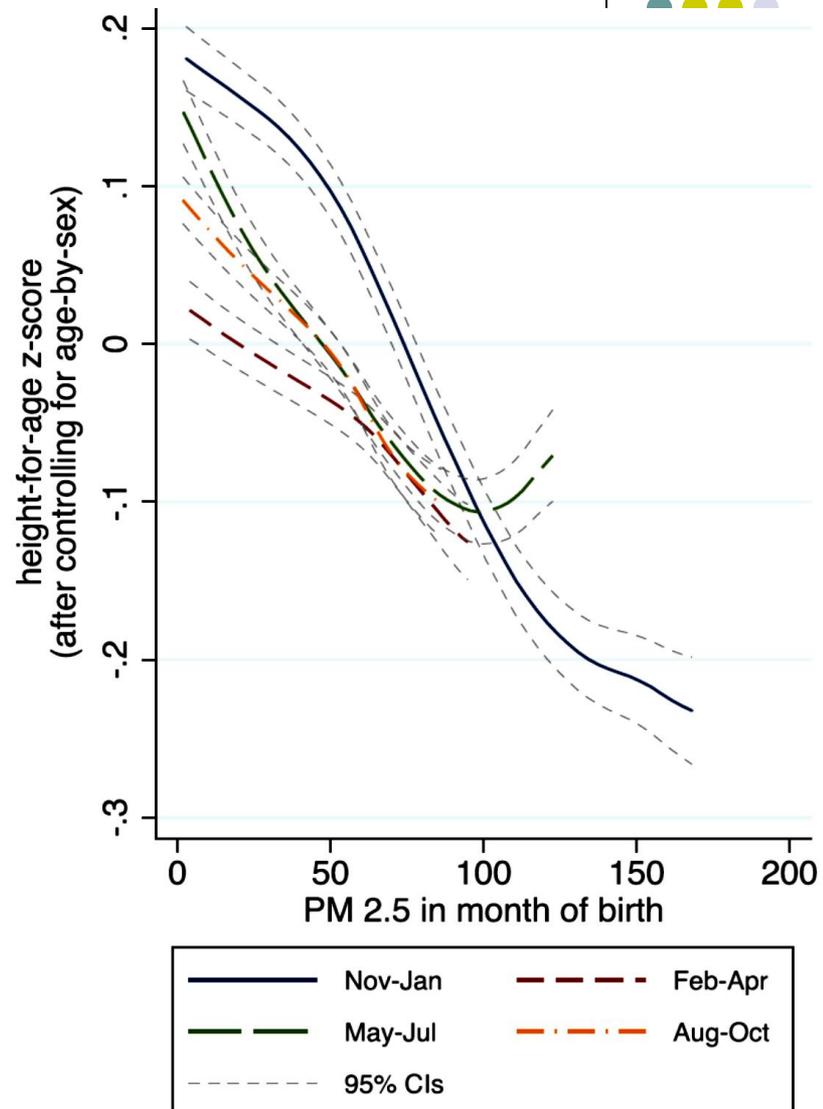


春よりも秋のほうが
影響を受けやすい

インドにおけるPM_{2.5}と小児の身長



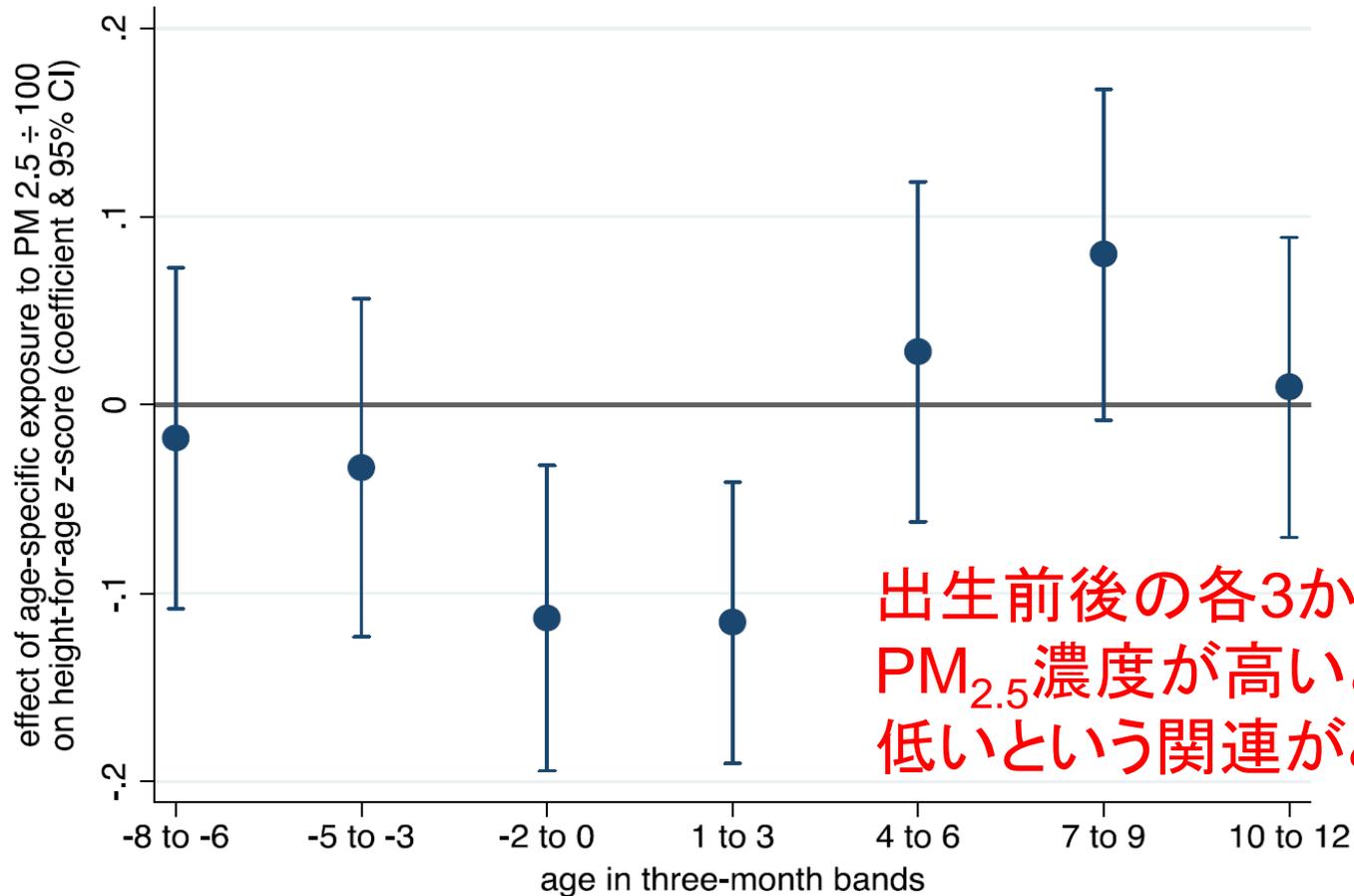
- 640地区の5歳以下の小児
約22万人を対象
- 子どもの身長(性別、年齢
を調整)と出生前後のPM_{2.5}
濃度との関係を解析
- 出生月のPM_{2.5}濃度は平均
55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- PM_{2.5}濃度が高くなるほど、
年齢に見合った身長は低く
なる。



(Spears, et al. Environmental Health, 2019)

インドにおけるPM_{2.5}と小児の身長

3か月ごとの平均値との比較



出生前後の各3か月間のPM_{2.5}濃度が高いと身長が低いという関連がみられた。

出生前

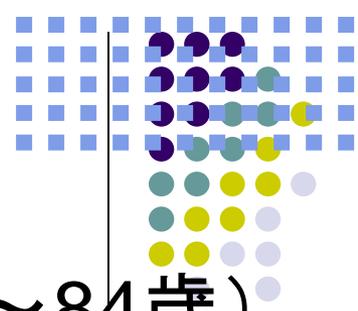
6~8か月 (妊娠前期)
3~5か月 (妊娠中期)
0~2か月 (妊娠後期)

出生後

1~3か月
4~6か月
7~9か月
10~12か月

(Spears, et al. Environmental Health, 2019)

インドにおけるPM_{2.5}と血圧の関係



- Hyderabad近隣の28か所で、5531名（18～84歳）の血圧を測定
- 居住地におけるPM_{2.5}及びBlack carbon (BC)の推計濃度との関係を解析
- PM_{2.5}濃度の平均 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、BCの平均2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- PM_{2.5}濃度 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加あたり
 - 女性：収縮期血圧 1.4mmHg、拡張期血圧 0.87mmHg 上昇、高血圧の人が4%増加
 - 男性：収縮期血圧 0.52mmHg、拡張期血圧 0.41mmHg 上昇、高血圧の人が2%増加（女性よりも関連は弱い）
 - BC濃度とは関連が認められなかった。

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_{2.5}, PM₁₀)に係る環境基準等

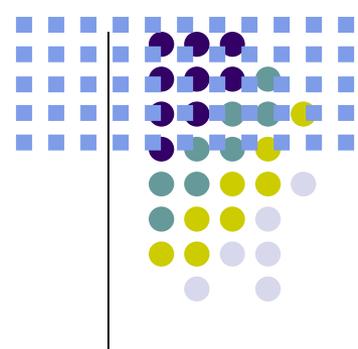
		日本	米国	インド	WHO
PM _{2.5}	24時間平均	35 µg/m ³ *	35 µg/m ³	60 µg/m ³	25 µg/m ³
	年平均	15 µg/m ³ *	12 µg/m ³	40 µg/m ³	10 µg/m ³
PM ₁₀	24時間平均	100 µg/m ³ **	150 µg/m ³	100 µg/m ³	50 µg/m ³
	年平均	—	—	60 µg/m ³	20 µg/m ³

* 日本のPM_{2.5}の環境基準は2009年9月告示

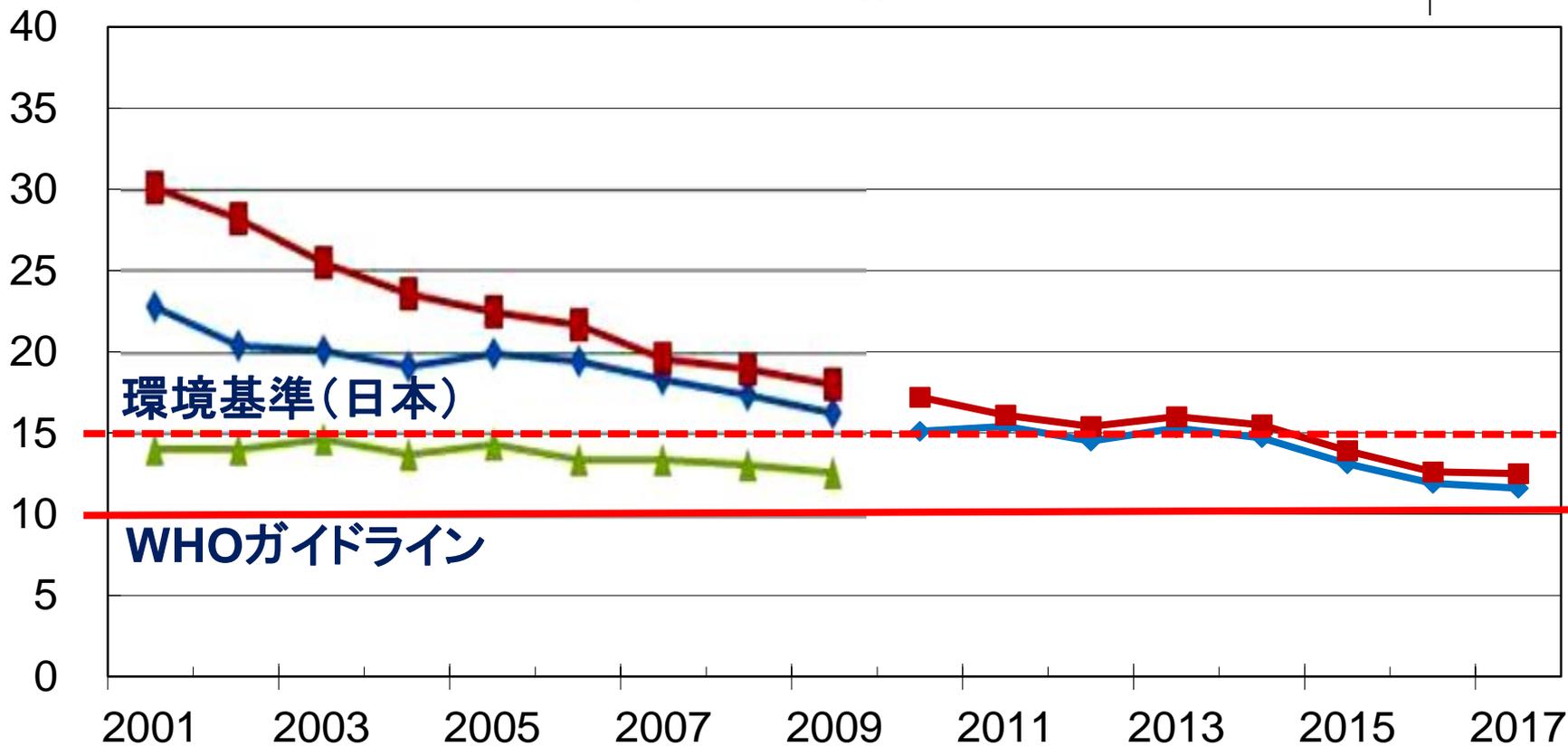
** 浮遊粒子状物質(SPM)に係る基準(およそPM₇に相当)

大気中PM_{2.5}濃度の推移

年平均値



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

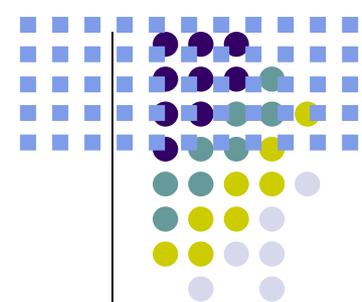


自排局 都市部 非都市部
微小粒子状物質等曝露影響実測調査(環境省)における測定結果

◆ 一般環境大気測定局
■ 自動車排出ガス測定局

(資料:環境省)

PM_{2.5}の環境基準達成状況 (2017年度)

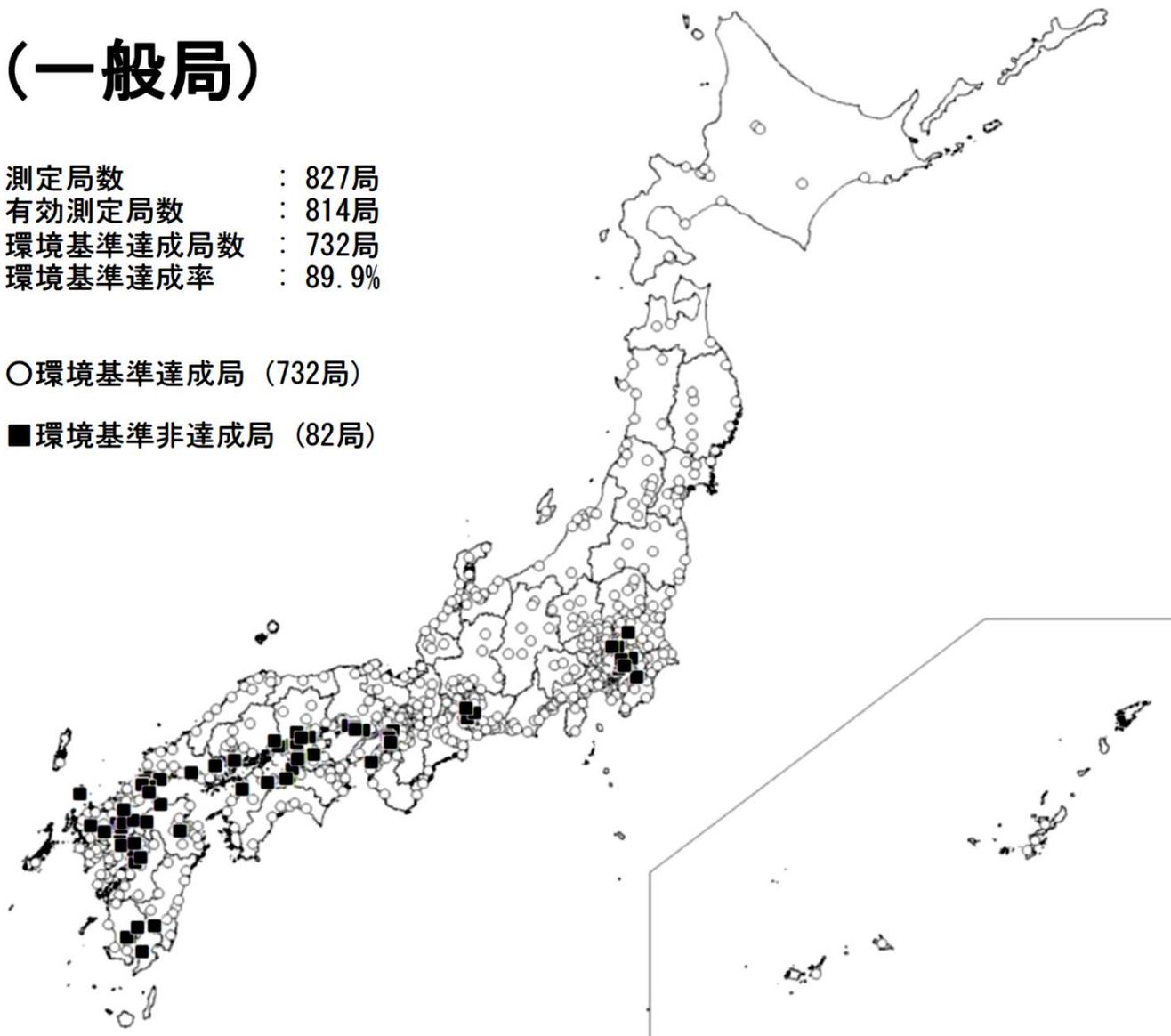


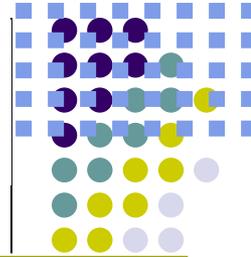
(一般局)

測定局数 : 827局
有効測定局数 : 814局
環境基準達成局数 : 732局
環境基準達成率 : 89.9%

○環境基準達成局 (732局)

■環境基準非達成局 (82局)



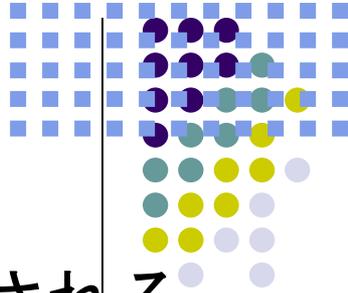


注意喚起のための暫定的な指針

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

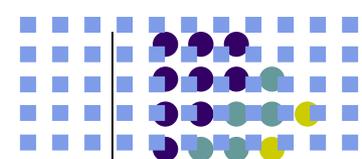


- PM_{2.5}の1日平均値が70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えると予想される場合は、都道府県等から注意喚起が行われる。
- その場合、屋外での長時間の激しい運動を控えることが推奨される。屋内でも換気や窓の開閉を最小限にし、外気の侵入を少なくすることが望ましい。
- ただし、この値を大きく超えない限り、健康な人に影響がみられるわけではないので、運動会等の屋外での行事を中止する必要はない。

- 「大きく超える場合」とは？

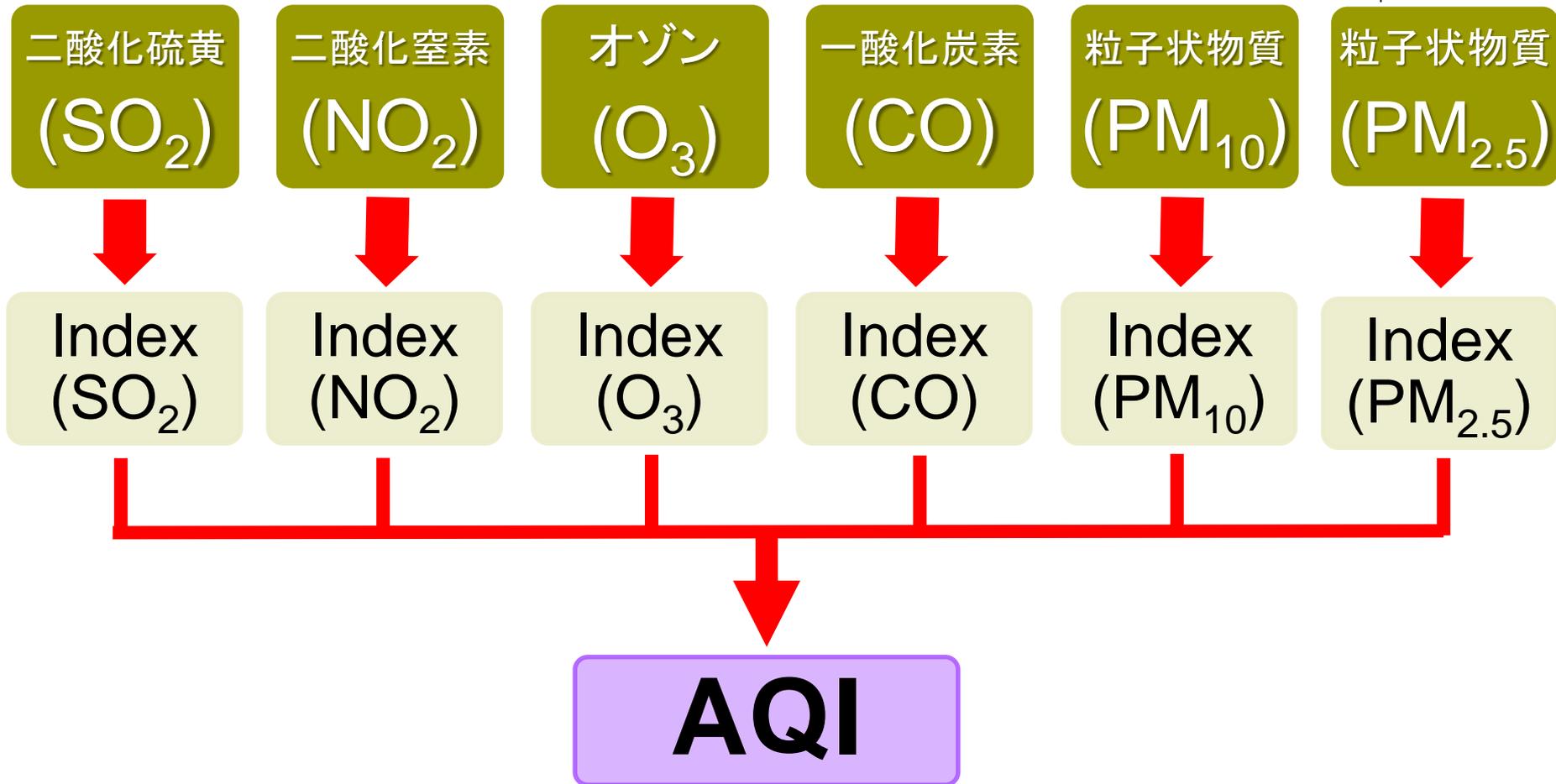
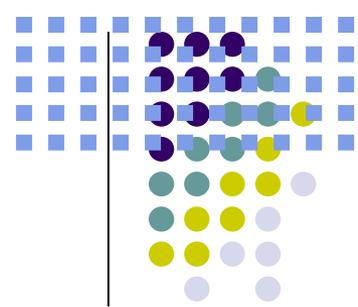
十分な科学的知見はないが、米国の大気質指数 (Air Quality Index) では、150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える場合に「**すべての人は屋外活動を制限するべき**」としている。

米国の大気質指数(AQI)



AQI	PM _{2.5} 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 ³	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 ³	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 ³	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 ³	健康に悪影響 (Unhealthy)	すべての人に、ある程度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 ³	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 ³	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。	・すべての人は、 <u>あらゆる屋外活動を中止すべき。</u>

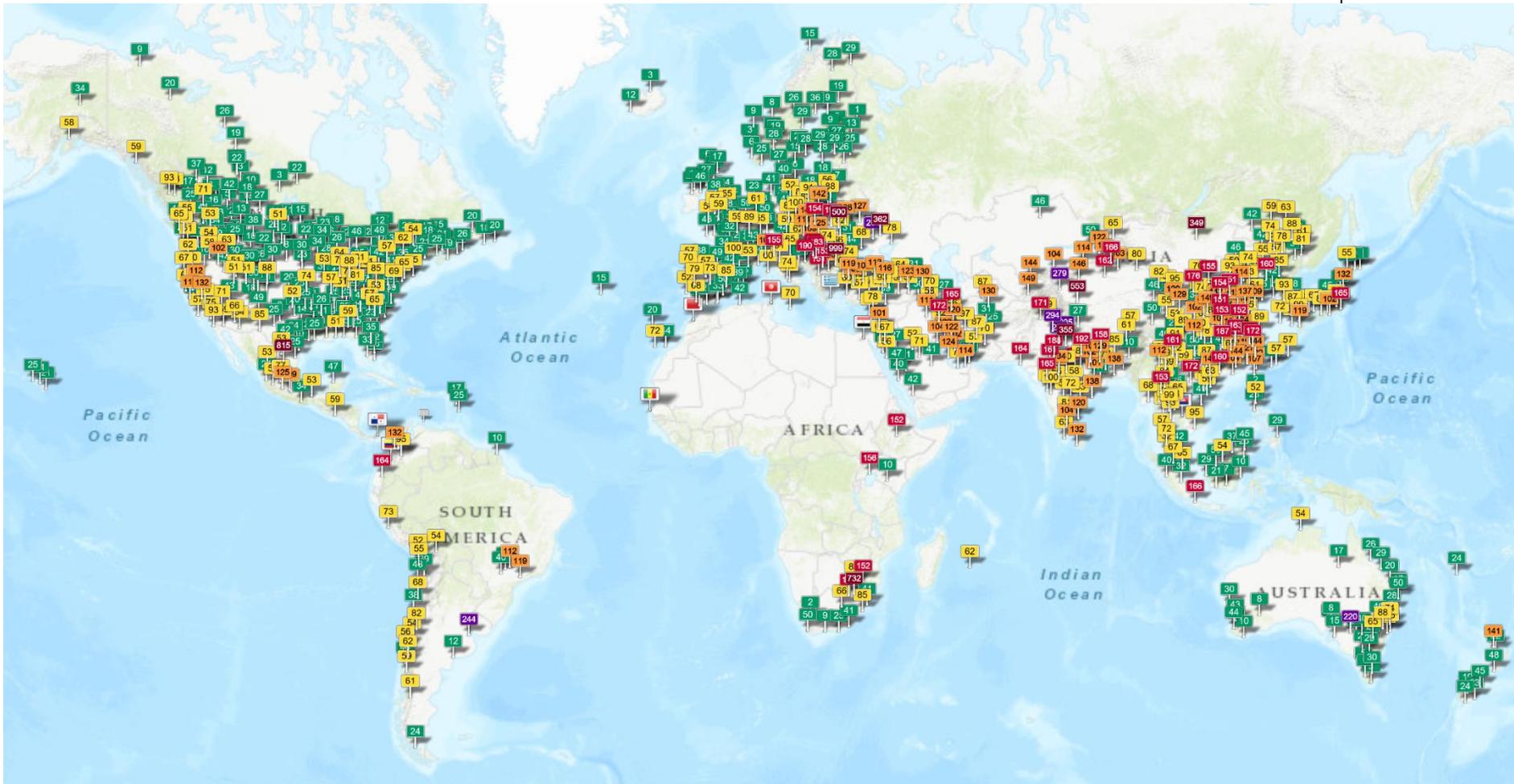
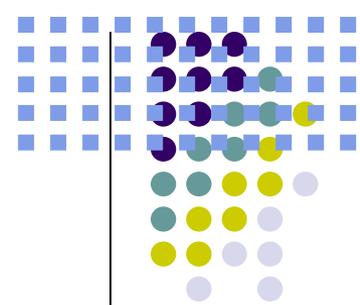
Air Quality Index (AQI)



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。

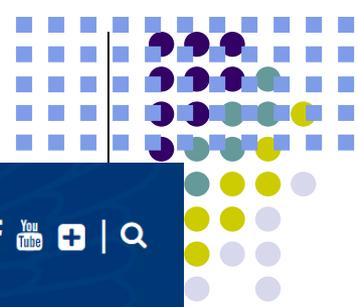
世界の大気汚染

リアルタイム大気汚染指数マップ



<http://aqicn.org/map/world/jp/>

米国大使館・総領事館のデータ



U.S. Embassy & Consulates
in India



Air Quality Data: U.S. Embassy and Consulates' air quality monitors measure PM 2.5 data. [See here...](#)

- Visas
- U.S. Citizen Services
- Our Relationship
- Business
- Education & Culture
- Embassy & Consulates
- News & Events

Air Quality Data Information

[Home](#) | [News & Events](#) | [Air Quality Data Information](#)

U.S. Mission India NowCast Air Quality Index

The U.S. Embassy and Consulates' air quality monitors measure airborne fine particulate matter (commonly referred to as PM 2.5 because they are less than or equal to 2.5 microns in diameter) on the compounds of the Embassy and Consulates. Data from a single monitoring station cannot be applied to an entire city. Therefore, air quality data collected at the U.S. Embassy and Consulates may differ from other monitors located in the same cities.

[Last 24 Hours data graph for New Delhi, Chennai, Hyderabad, Kolkata and Mumbai](#)

Please see our [Air Quality Index page](#) for more information.

Follow us on our Twitter handles to get daily updates.

- [@USAndIndia](#) Embassy New Delhi
- [@USAndHyderabad](#) U.S. Consulate Hyderabad
- [@USAndMumbai](#) U.S. Consulate Mumbai

By [U.S. Mission India](#) | 22 October, 2019 | Topics: [Notification](#)

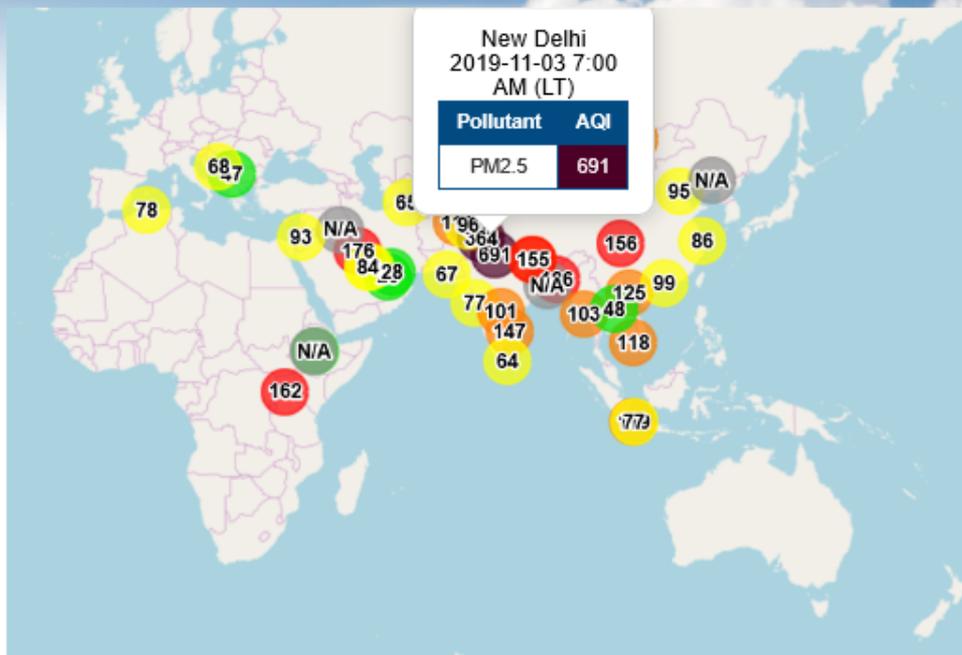
Translation

- [اردو](#)
- [हिन्दी](#)

Additional Resources

- [AQM PM2.5 raw data from Jan 2016 to Dec 2016 \(PDF\)](#)
- [AQM PM2.5 raw data from Jan 2016 to Dec 2016 \(CSV\)](#)
- [Graph of Last 24 Hours Data for New Delhi, Chennai, Hyderabad, Kolkata & Mumbai](#)
- [Archive data for New Delhi and Consulates](#)

<https://in.usembassy.gov/air-quality-data-information/>



Select a City

New Delhi

Select a Parameter

PM2.5

New Delhi

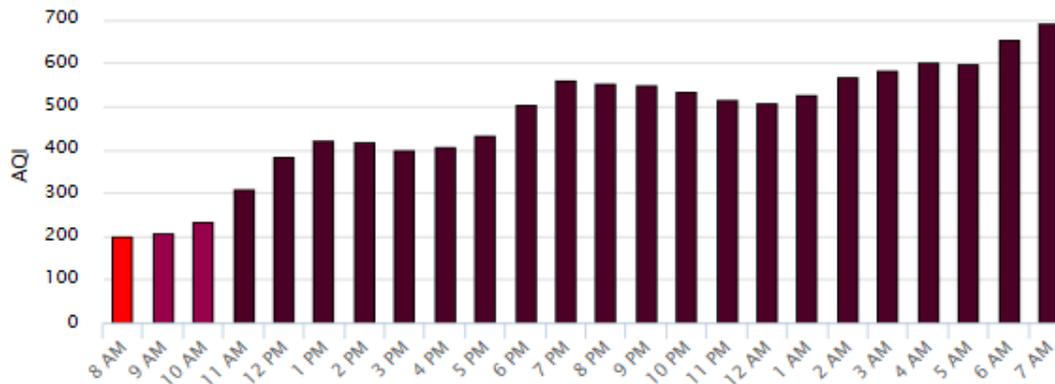


Note: Values above 500 are considered Beyond the AQI. Follow recommendations for the Hazardous category. Additional information on reducing exposure to extremely high levels of particle pollution is available [here](#).

- AQI**
- Concentration
- Historical

Learn more about how the Air Quality Index [AQI] is calculated from the EPA [here](#).

New Delhi – PM2.5



Current Conditions
observed at
Nov 3, 2019 7:00 AM (LT)

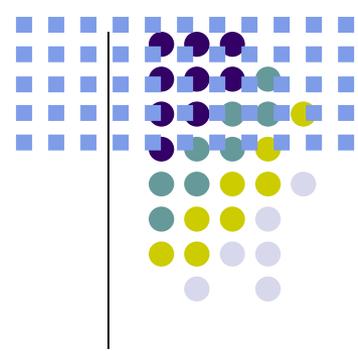
691 AQI
Hazardous
PM2.5

Health Message

AQI values over 300 trigger health warnings of emergency conditions. The entire population is even more likely to be affected by serious health effects.

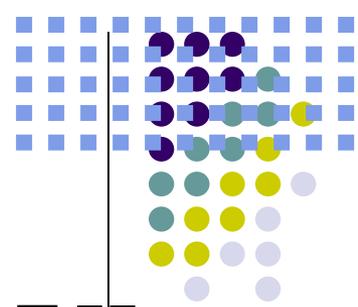
Note: Values above 500 are considered

大気汚染濃度を知るためのサイト



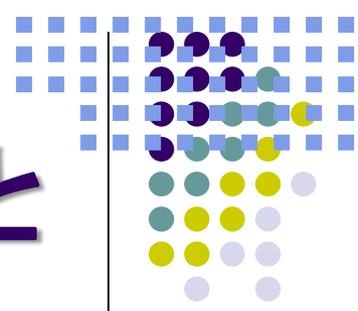
- インド地球科学省
 - System of Air Quality and Weather Forecasting And Research (SAFAR – India)
 - PM_{2.5}, PM₁₀濃度測定値と1～3日後の予測
 - <http://safar.tropmet.res.in/>
- Delhi Pollution Control Committee (DPCC)
 - デリー市内26カ所の各種汚染物質、気象に関するデータ
 - <http://www.dpccairdata.com/>
- 米国大使館・総領事館
 - PM_{2.5}のリアルタイム測定値と過去のデータ
 - <https://in.usembassy.gov/air-quality-data-information/>

高感受性者に対する注意



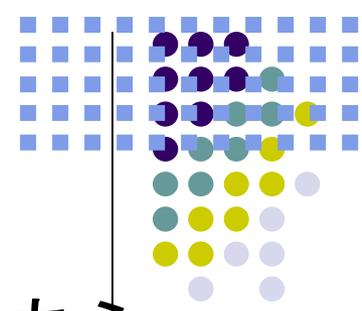
- 喘息などの呼吸器疾患、心臓病などの循環器疾患を有する人、乳幼児や高齢者はこれより低い濃度でも影響を生じる可能性がある。
- こうした人たちにおける影響は個人差が大きく、環境基準(1日平均値 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$)より低い濃度であっても健康影響がみられることがある。
- 普段から健康管理を心がけ、体調の変化に注意することが望ましい。
 - 例えば、喘息の場合、せき、たん、呼吸困難などの呼吸器症状、ピークフロー値の変化などに注意

高濃度汚染時に注意すべきこと



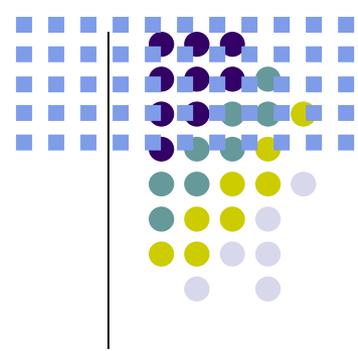
- 大気汚染濃度に注意し、高濃度時は、不要不急の外出や屋外での長時間の激しい運動をできるだけ減らす。
- 呼吸器や循環器に疾患のある方、小児、高齢者は、体調の変化に注意し、より慎重な行動が望まれる。
- 外出する場合は、マスクを着用する。
- 室内には必要に応じて空気清浄機を設置し、ドアや窓を閉め、風が通る隙間をふさぐ。
- 室内での禁煙など、他の汚染源にも注意する。

マスクの着用法

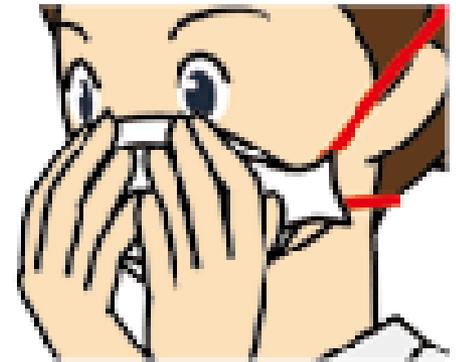


- 自分の顔に合った形状、サイズのマスクをあらかじめ探しておく。
- 子供は子供用のサイズを着用する。
- 鼻の両脇やあご、頬のラインに隙間のできないようにする。
- 着用後、空気が漏れる部分がないか確認する。
- 着ける場所、状況を選ぶ(通勤・通学、買い物)。
- マスク着用は保湿効果も期待でき、のどを守る。
- 使い捨てのものを何度も使用しない。

ユーザーシールチェック (フィットチェック)

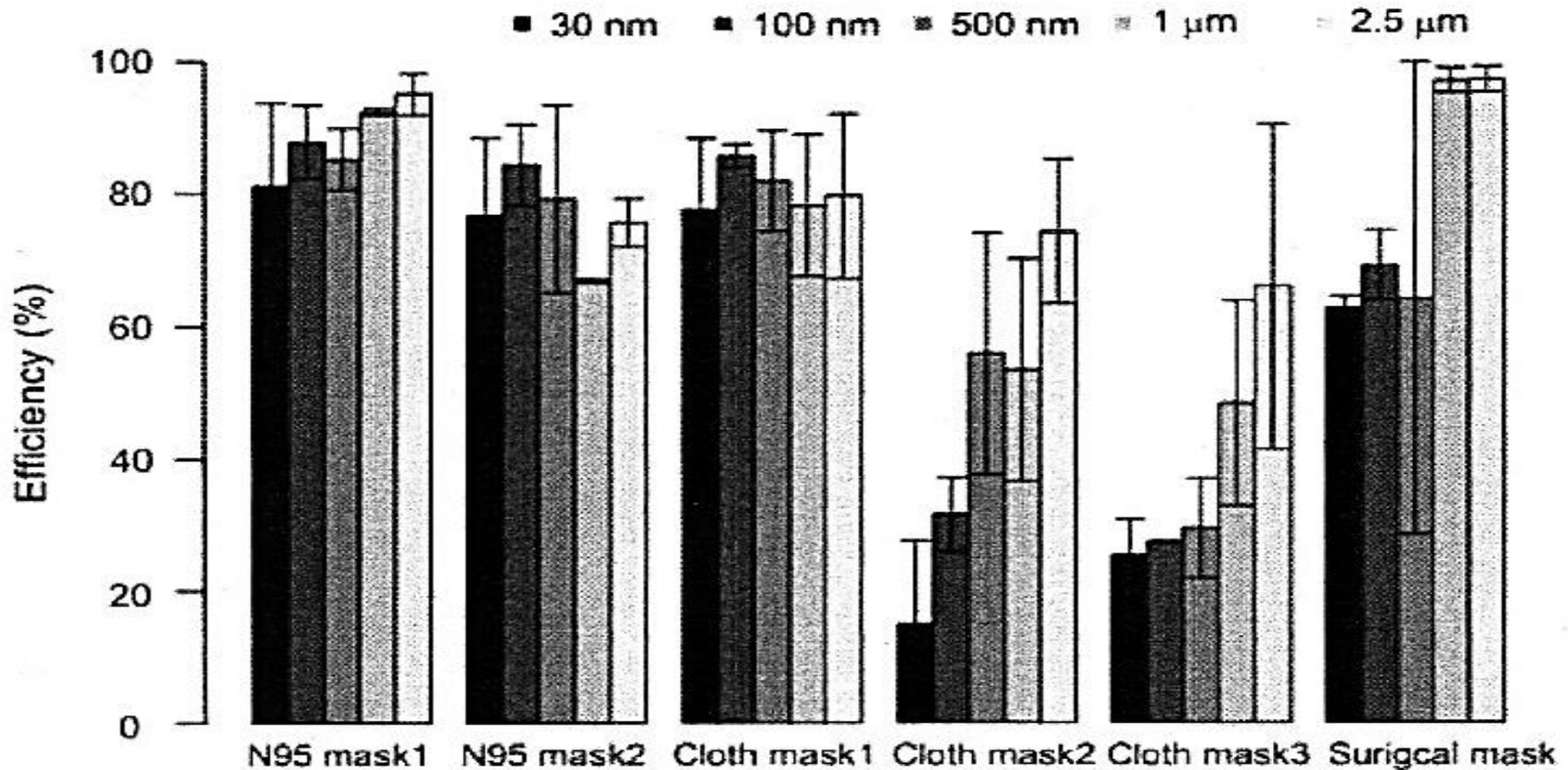
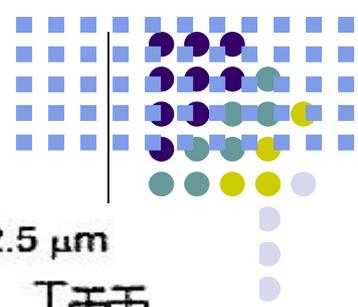


- マスクと顔の間からの空気の漏れの有無を調べ、正しく装着できているかを確認する(装着の度に行う必要がある)。
- 陽圧の確認は、マスクを装着して、フィルターの表面を手でおおってゆっくり息を吐き、マスクと顔の間から空気が漏れているように感じられればマスクの位置を修正し、再度行う。
- 陰圧の確認は、同様に手で覆ってゆっくり息を吸い込み、マスクが顔に向かって引き込まれれば完了。



毎回必ず行いましょう。

マスクの種類による効果の違い

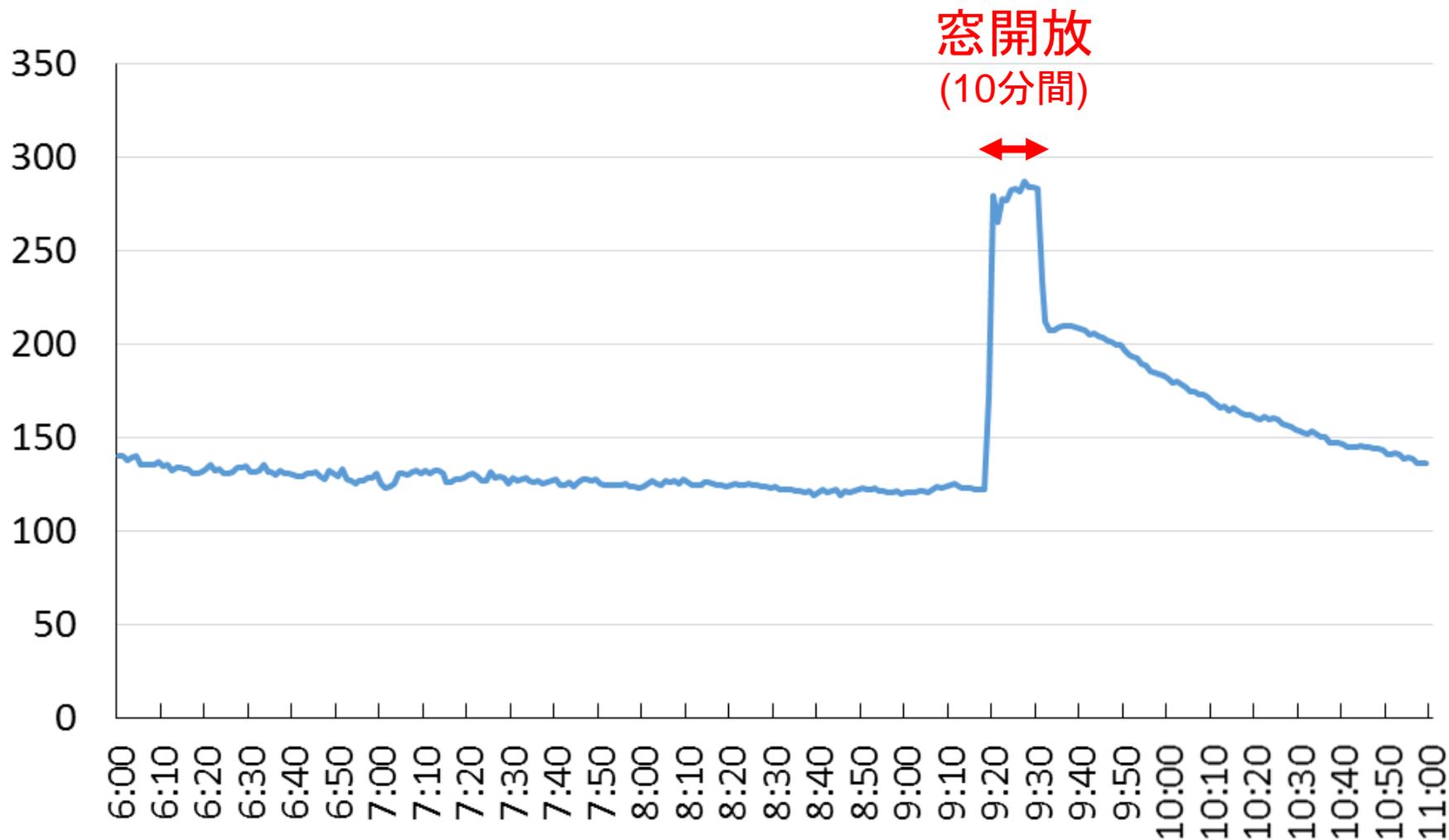
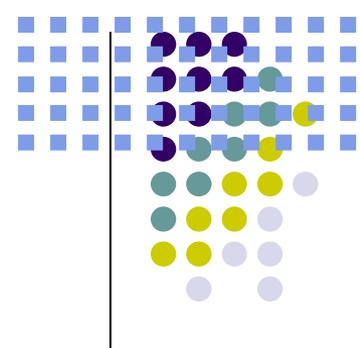


使い捨てサージカルマスクは布マスクよりも効果がある。

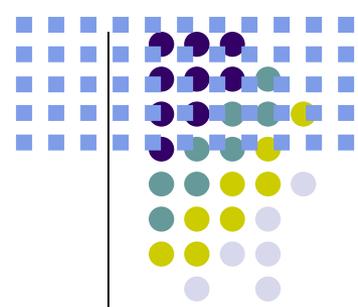
(Shakya, K. et al. J Expo Sci Environ Epidemiol, 2017)

屋内PM_{2.5}濃度の推移

2014年10月29日中国長春市のホテル

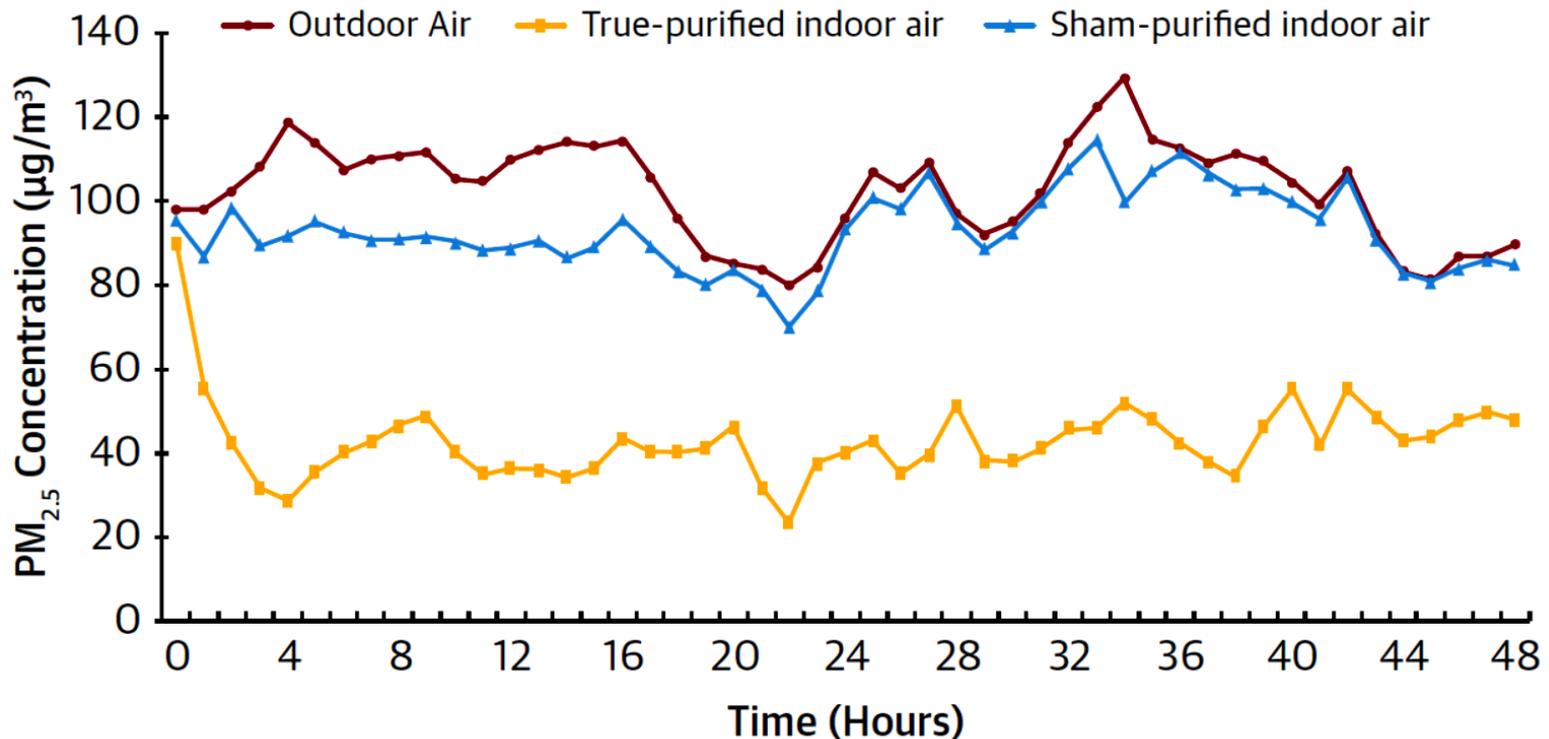


空気清浄機の使用



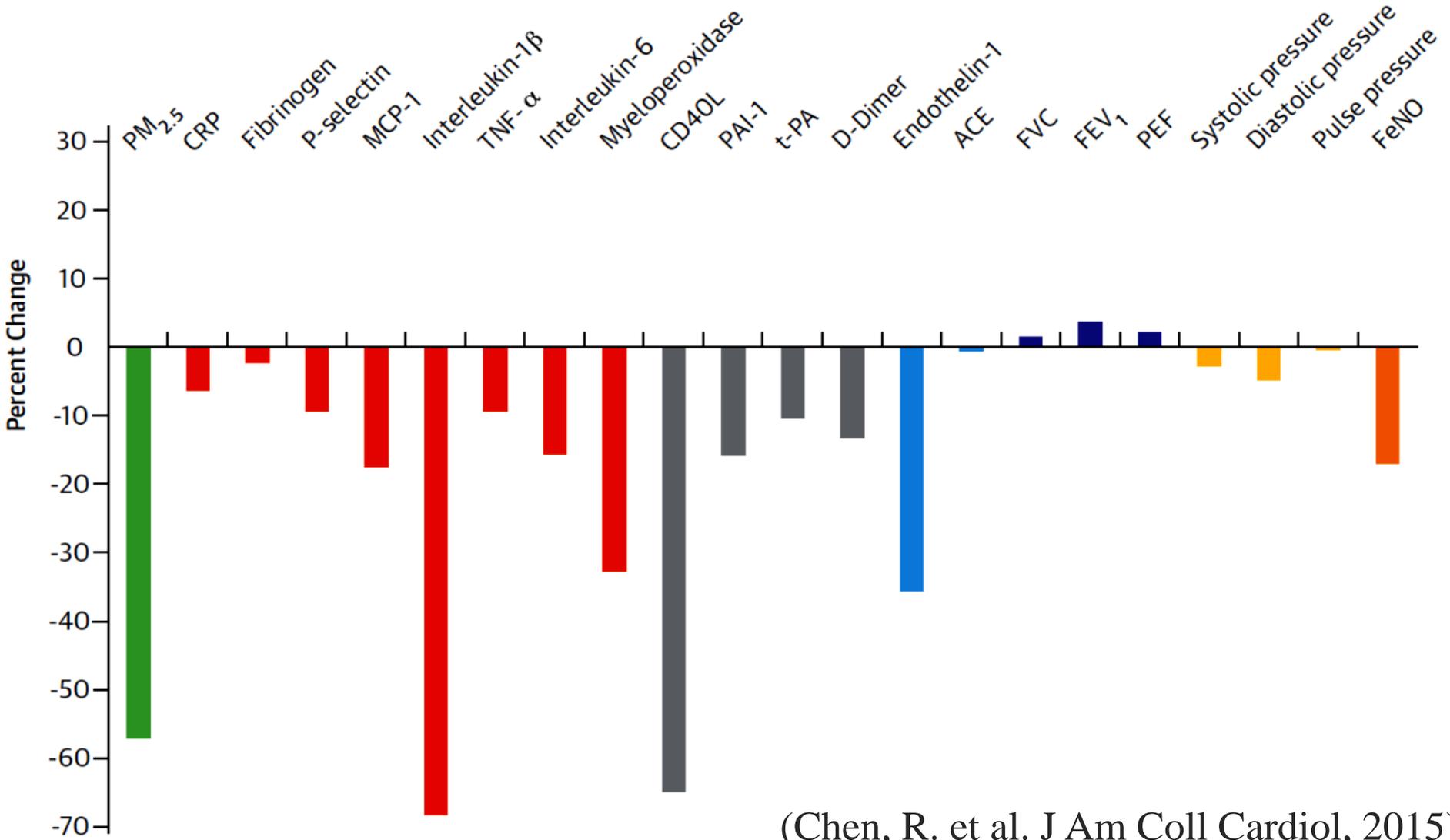
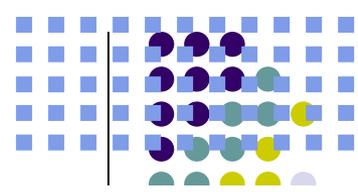
- 部屋の大きさに合わせて選択する。
- 説明書に従い、フィルターの清掃、交換などをこまめに行う(清掃時にはマスクを着用)。

中国・上海での使用結果

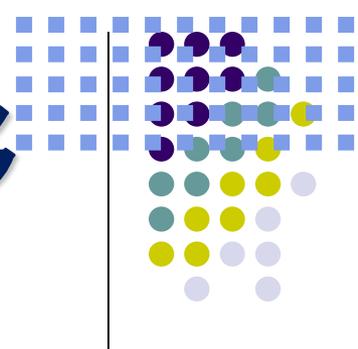


(Chen, R. et al. J Am Coll Cardiol, 2015)

空気清浄機使用による効果

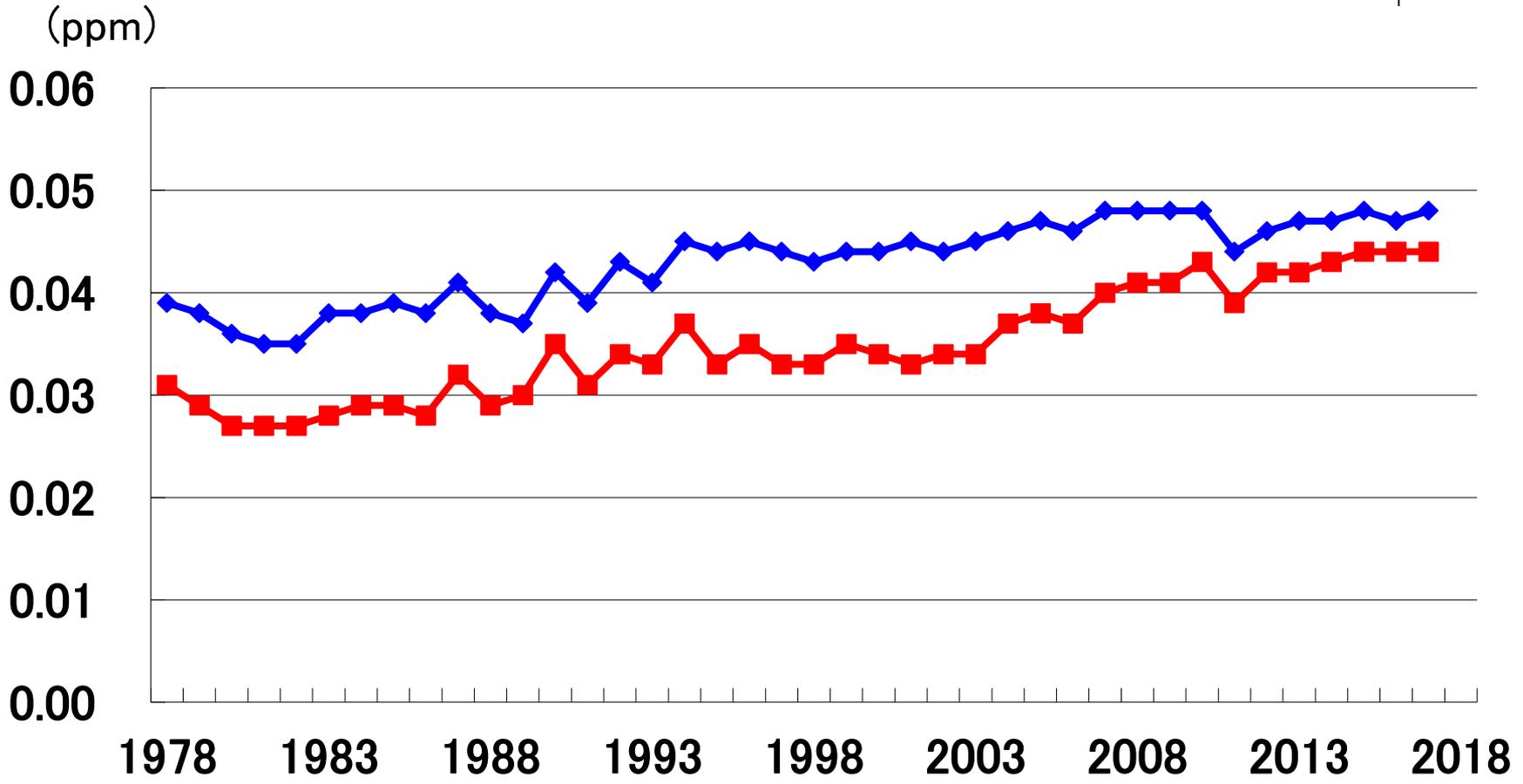


(Chen, R. et al. J Am Coll Cardiol, 2015)



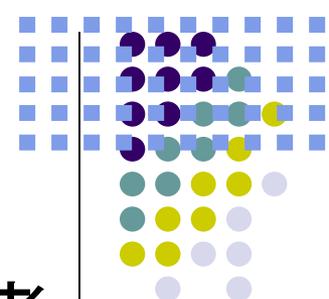
光化学オキシダント濃度の推移

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)



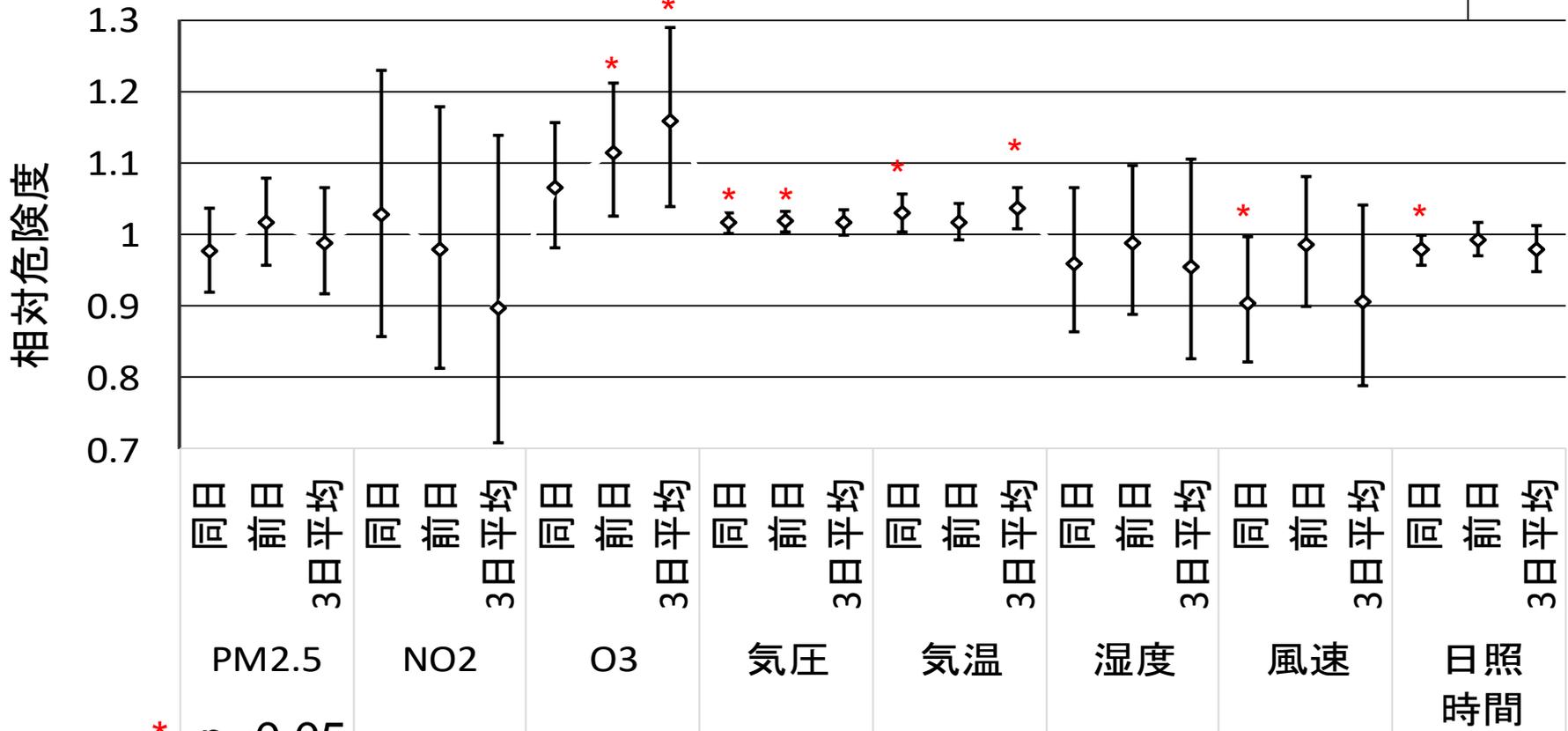
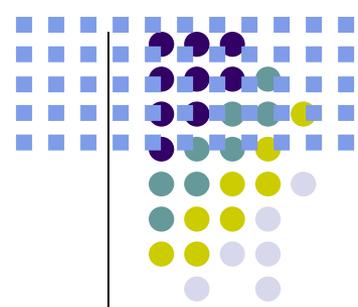
気管支喘息発作による受診との関連

- 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_{2.5})
 - 二酸化窒素(NO₂)
 - オゾン(O₃)
 - 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

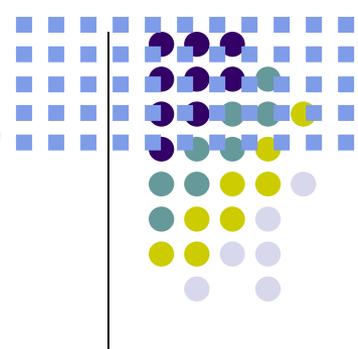


* p<0.05

単位増加量はPM_{2.5}:10μg/m³、NO₂:10ppb、O₃:10ppb、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)



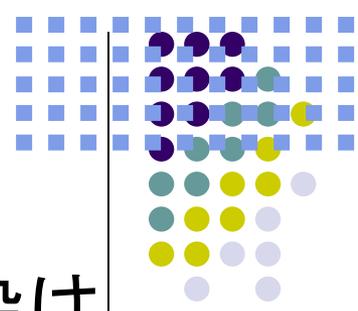
2010年4月～2013年3月の3年間

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 _{2.5} (10μg/m ³)	0.95	0.85-1.06	1.17	0.98-1.40	0.96	0.86-1.06	1.16	1.01-1.33
NO ₂ (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 ₃ (10ppb)	1.17	1.01-1.35	1.09	0.93-1.27	0.98	0.80-1.20	1.22	0.81-1.83

12～3月はPM_{2.5}との関連が有意だが、4～6月はオゾン(O₃)と関連がある。
春～夏季にはO₃にも注意が必要。

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

おわりに



- 疫学研究では、PM_{2.5}をはじめとする大気汚染は、循環器・呼吸器系だけでなく、内分泌・代謝、精神神経、発達等との関連も示されている。
- 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、高濃度時には不要不急の外出は控え、外出時はマスクの装着、屋内では空気清浄機使用等の対策が望ましい。