

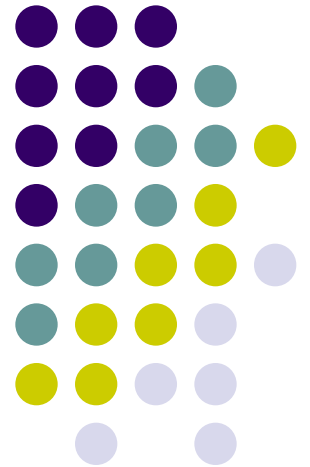
微小粒子状物質(PM_{2.5})に関する研修会

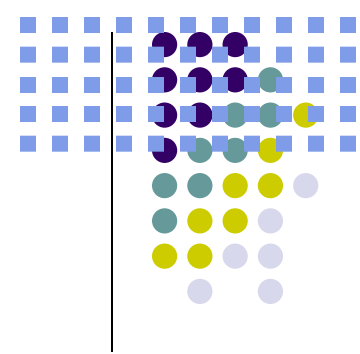
PM_{2.5}の健康影響について

2014年1月27日

兵庫医科大学公衆衛生学

島 正之



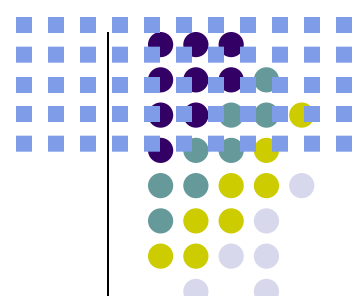


本日お話しする主な内容

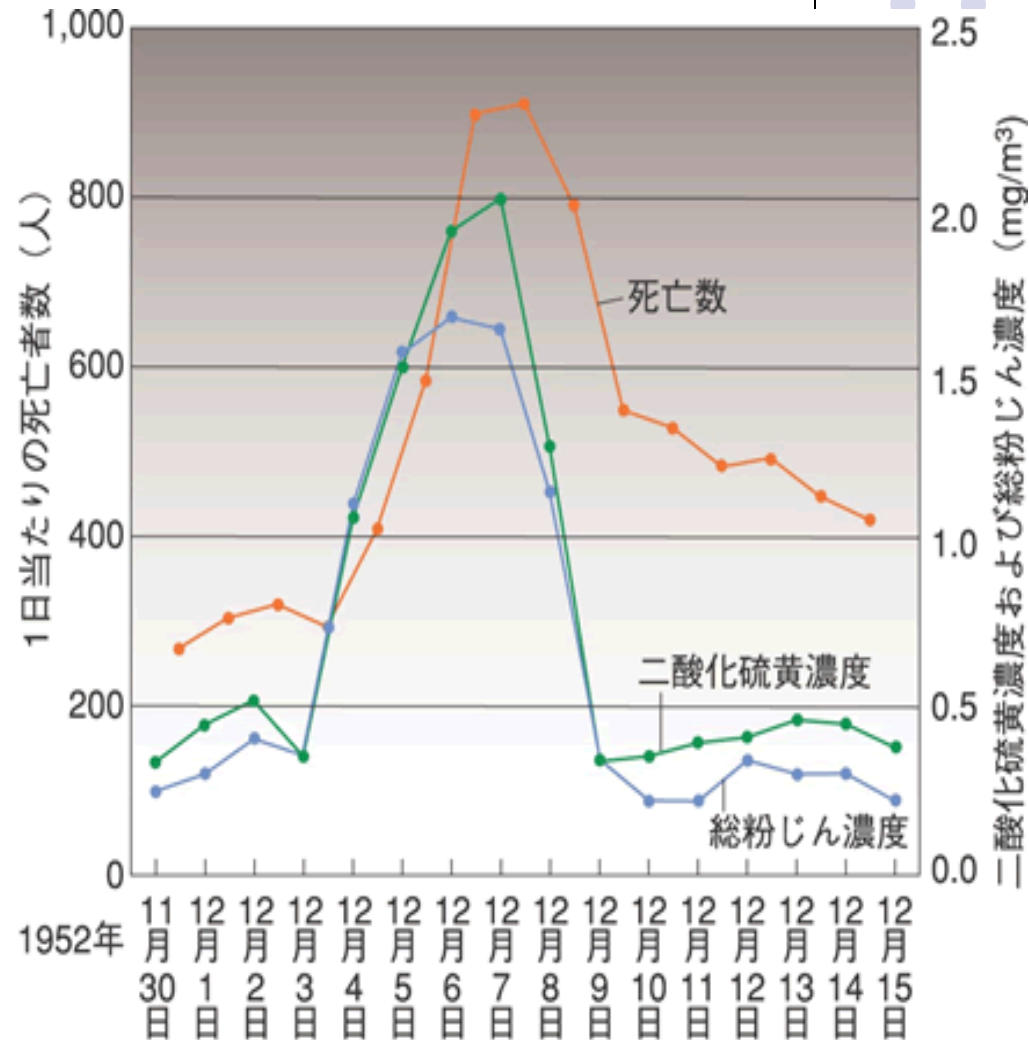
- PM_{2.5}の特徴と健康影響の種類
- 欧米諸国における疫学研究
 - 短期曝露による影響
 - 長期曝露による影響
- わが国における知見
 - 環境省等による疫学調査の結果
 - 環境基準と注意喚起のための暫定的指針

ロンドンスモッグ事件

(1952年12月)

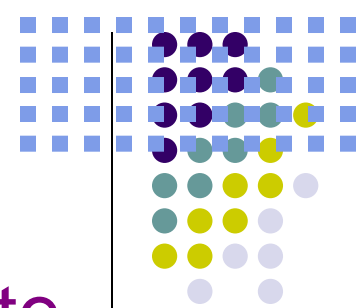


- 石炭暖房による高濃度二酸化硫黄の発生
- 2週間で約4,000名の過剰死亡(その後の影響を含め8,000名)
- 特に、気管支炎による死亡の増加、心疾患のある人への影響が大



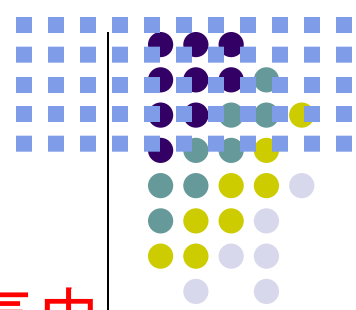
出典：Wilkins E.T. „Air pollution and the London fog of December, 1952. J.Royal. Sanitary Institute. 74(1):1-21(1954)

粒子状物質

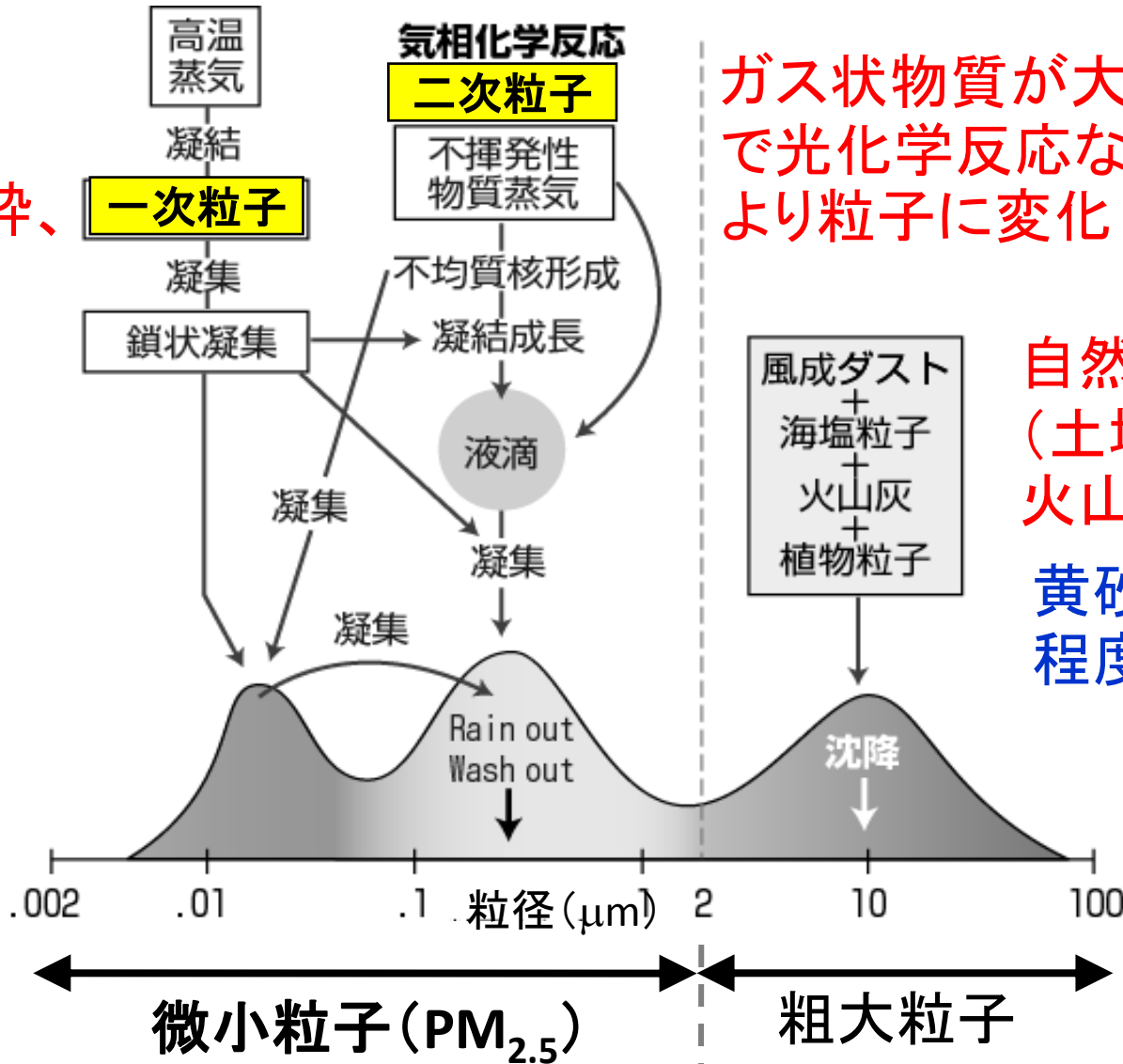


- 浮遊粒子状物質 Suspended Particulate Matter (SPM)
 - 大気中に比較的長く浮遊し、呼吸器系に吸入される粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子
- 微小粒子状物質($\text{PM}_{2.5}$)
 - 粒子状物質の中でも粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小なもの
 - 呼吸器系の深部まで到達しやすく、粒子表面に様々な有害成分が吸収・吸着されていること等から健康影響が懸念されている。

大気中粒子状物質の粒径分布



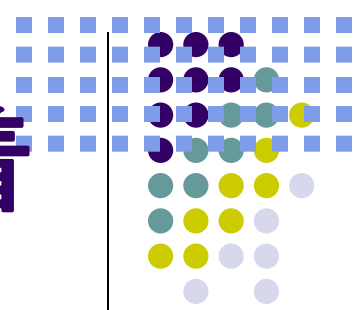
燃焼、破碎、
飛散等



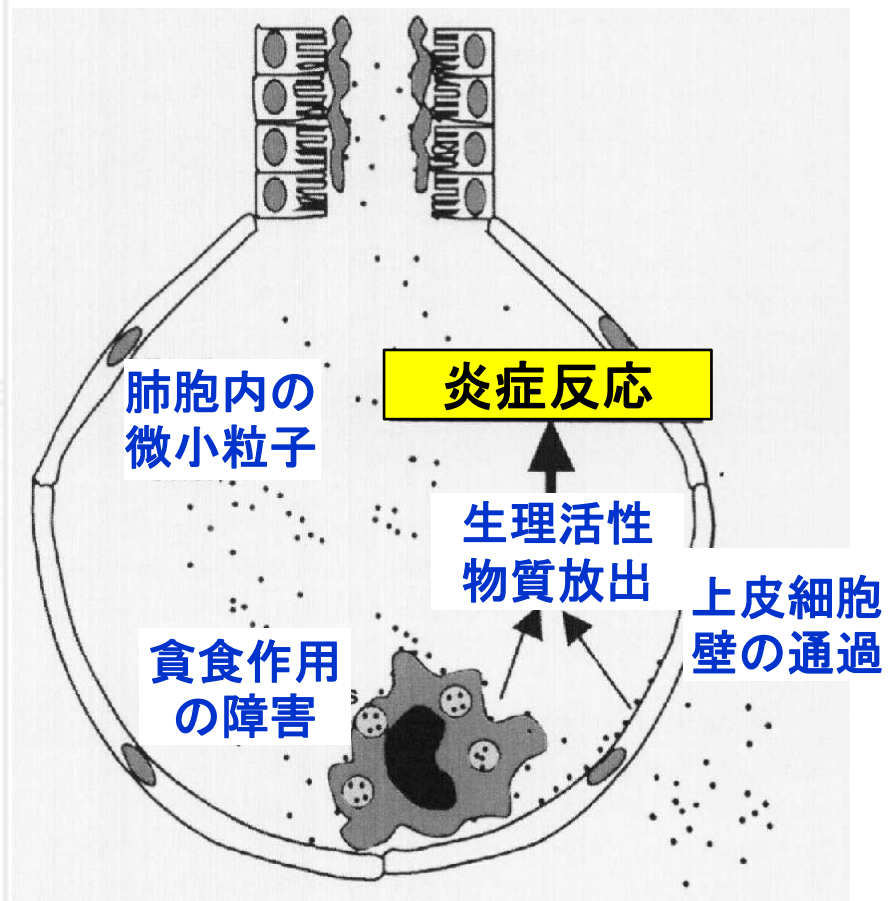
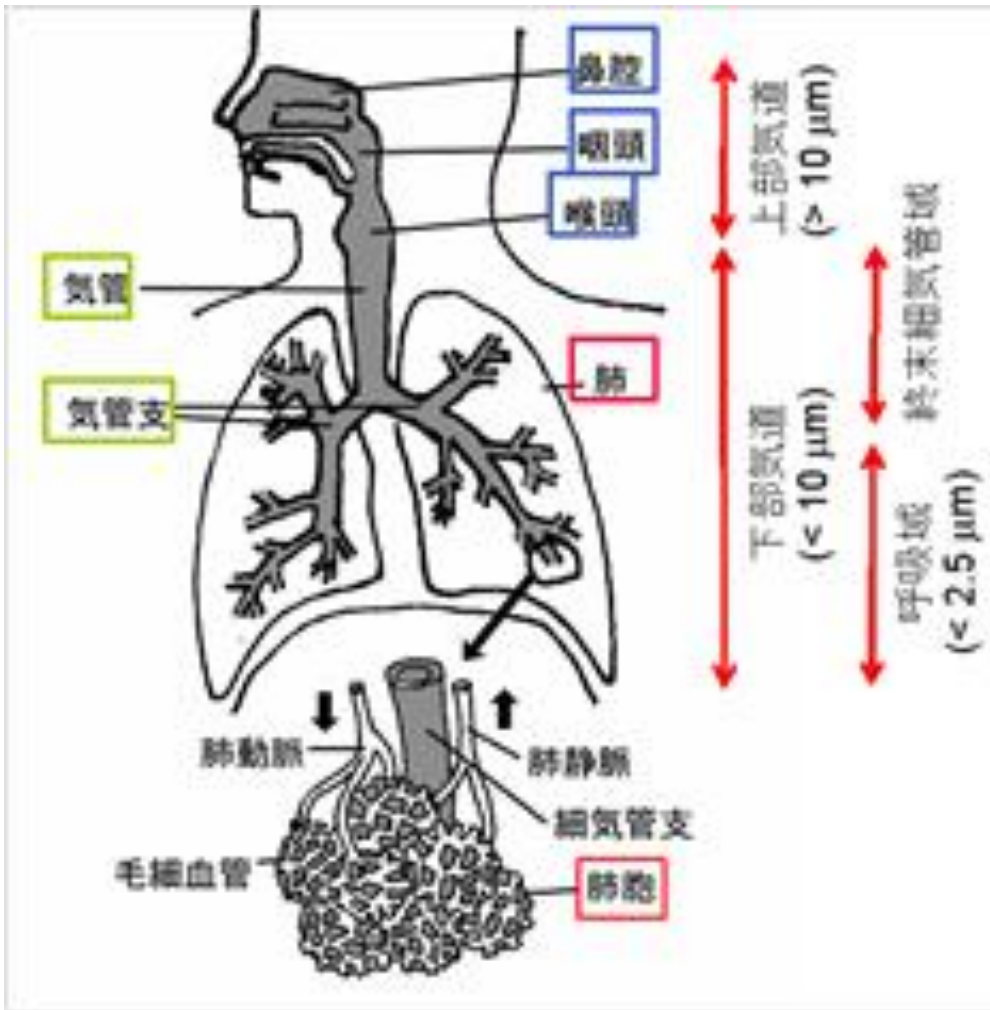
ガス状物質が大気中
で光化学反応などにより
粒子に変化

自然界由来
(土壌、海塩、
火山灰など)

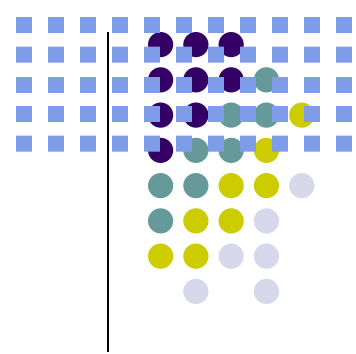
黄砂 (粒径 $4\mu\text{m}$
程度がピーク)



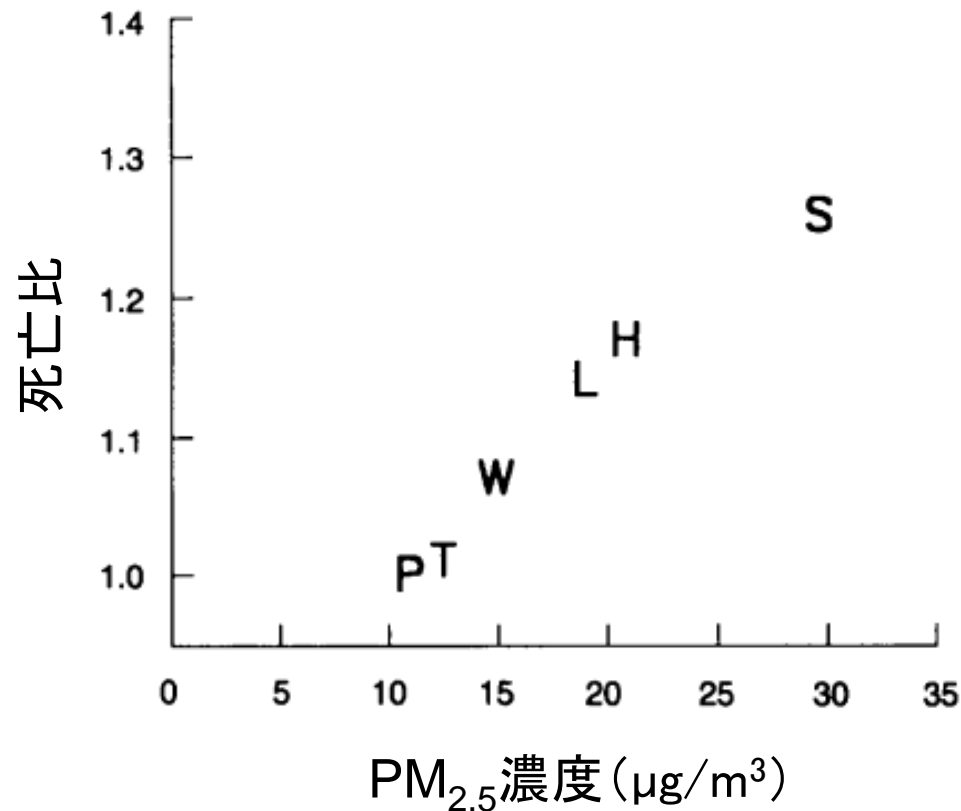
粒子の大きさと呼吸器への沈着



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)



国際がん研究機関 (IARC) が大気汚染、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

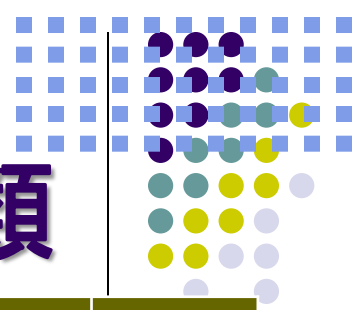
IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths

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).

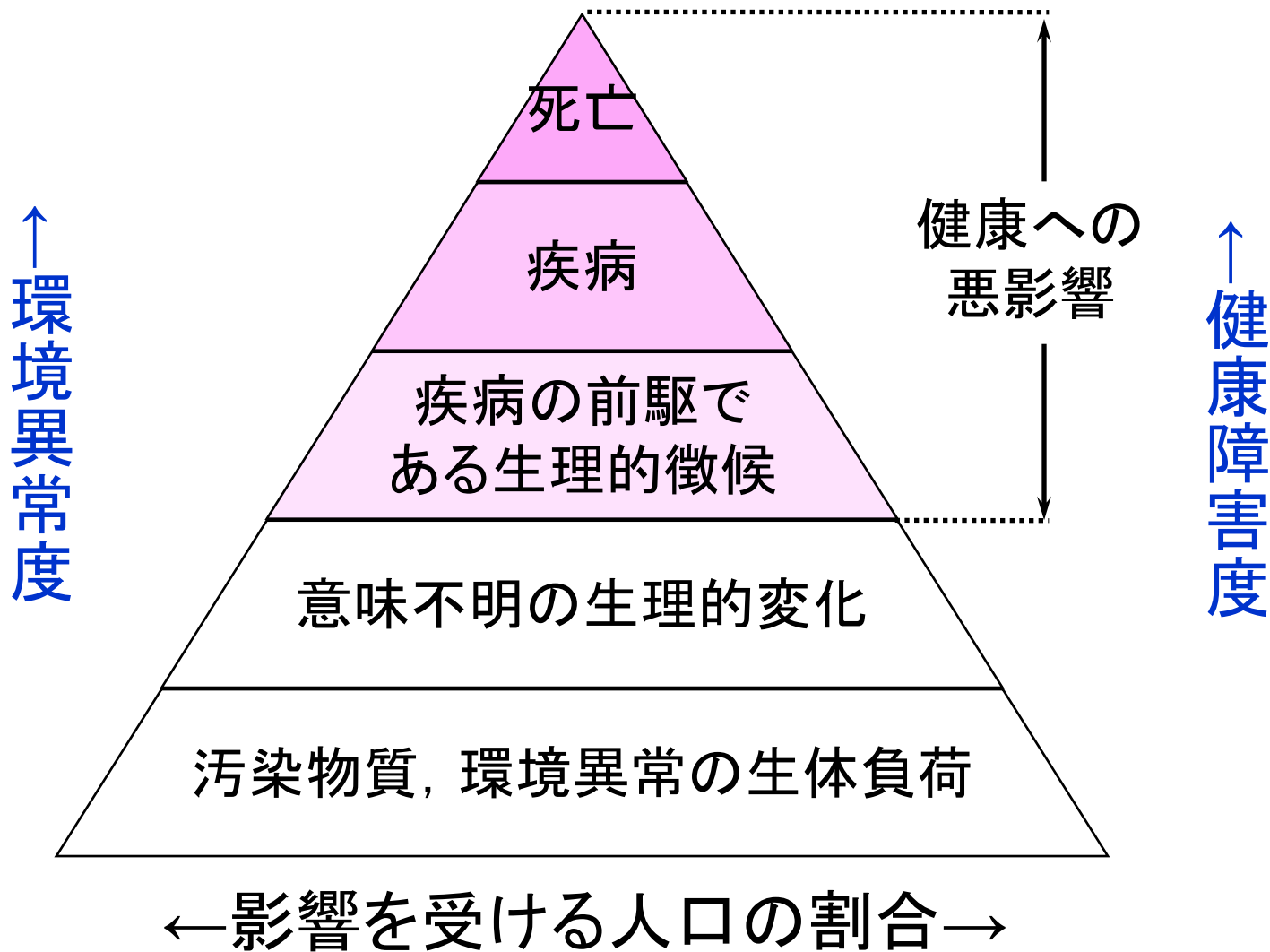
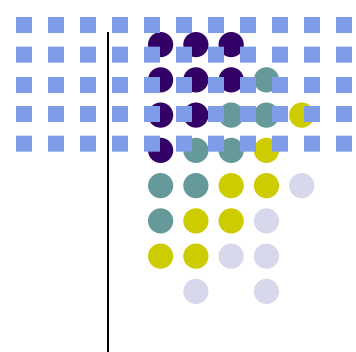
The IARC evaluation showed an increasing risk of lung cancer with increasing levels of exposure to particulate matter and air pollution. Although the composition of air pollution and levels of exposure can vary dramatically between locations, the conclusions of the Working Group apply to all regions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



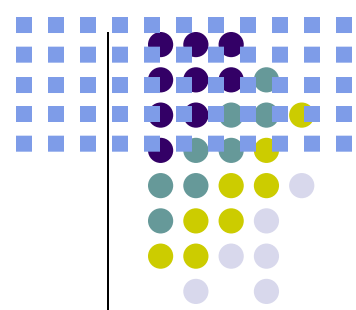
国際がん研究機関の発がん性分類

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	113
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	66
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	285
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	505
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

環境汚染に対する生体の反応

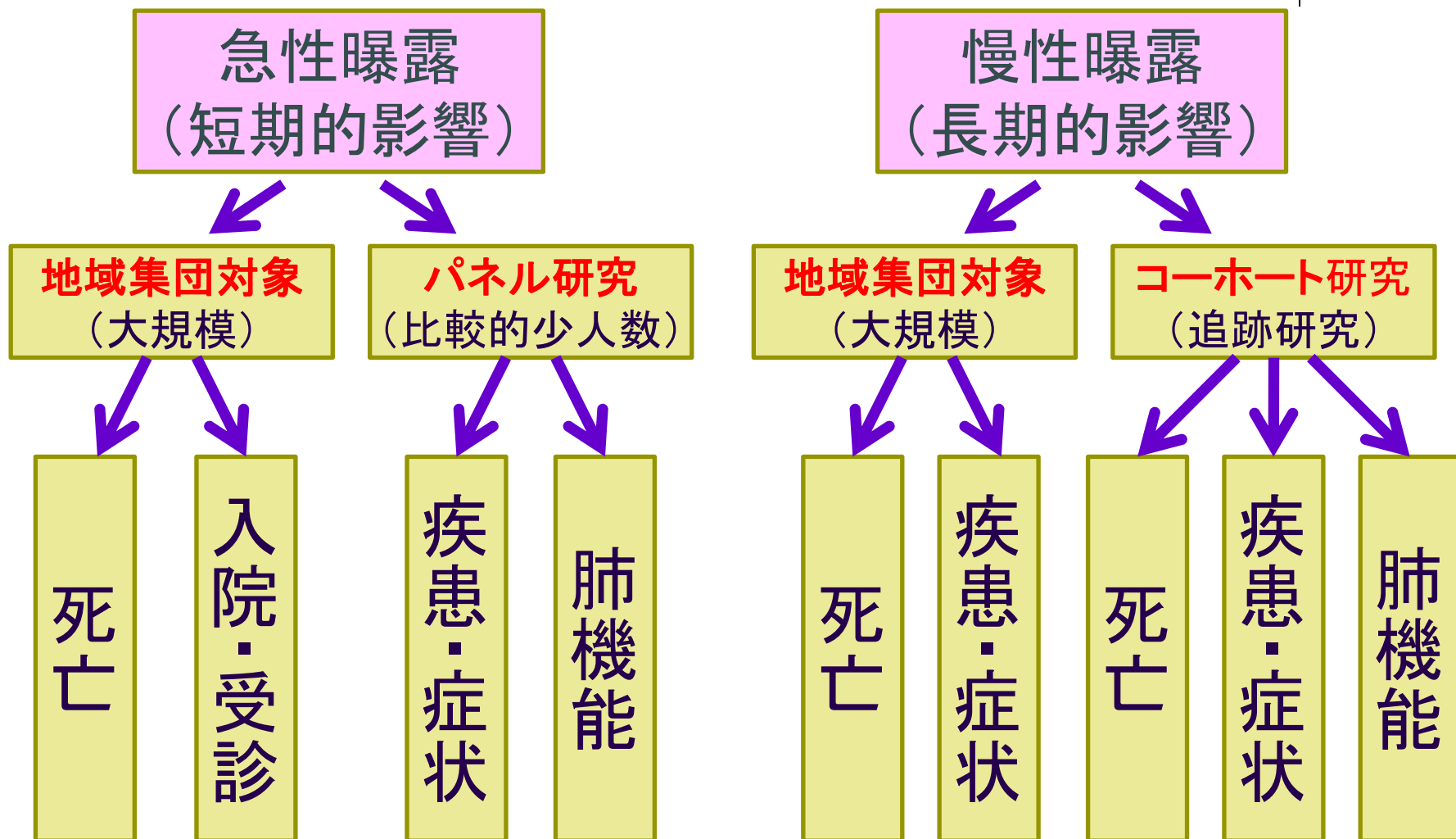
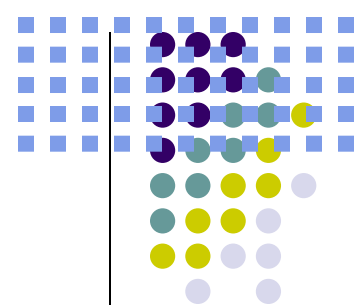


微小粒子(PM_{2.5})の健康影響

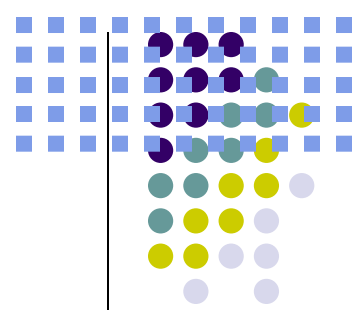


- 1990年代以降、諸外国で、大気中微小粒子状物質(PM_{2.5})と呼吸器・循環器系疾患による受診、入院、死亡との関係が示され、近年は虚血性心疾患に及ぼす影響が注目されている。
- わが国でも、PM_{2.5}濃度と呼吸器疾患による日死亡、喘息児の症状増悪などとの関連が認められている。

大気汚染物質の健康影響 に関する研究のデザイン



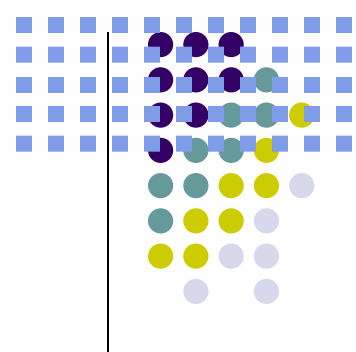
PM_{2.5}短期曝露と死亡の関連



- 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数多く報告されている。
- 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。

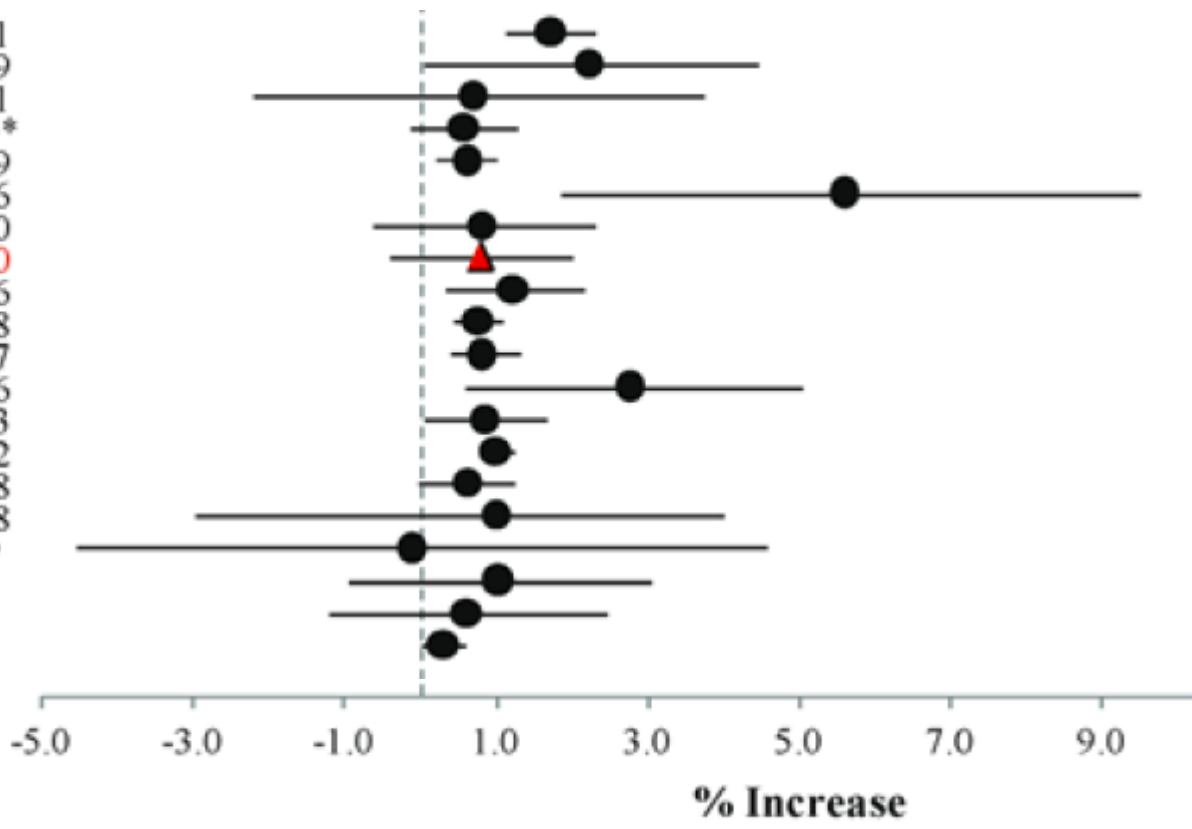
PM_{2.5}短期曝露による死亡リスク

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



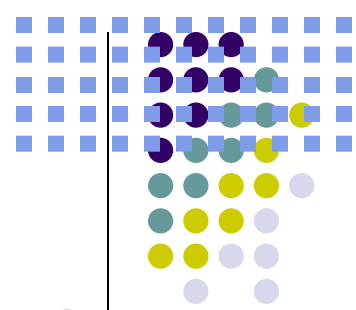
Location Age Mean

Newark, NJ	All	42.1
Camden, NJ	All	39.9
Elizabeth, NJ	All	37.1
Los Angeles, CA	All	22.0*
9 California counties	All	19.9
Atlanta, GA	65+	19.6
Detroit, MI	All	18.0
Atlanta, GA	65+	17.0
27 U.S. cities	All	15.6
25 U.S. cities	All	14.8
6 U.S. Cities	All	14.7
Santa Clara County, CA	All	13.6
8 Canadian Cities	All	13.3
112 U.S. cities	All	13.2
12 Canadian cities	All	12.8
Spokane, WA	All	10.8
Vancouver, CAN	65+	7.9
Pittsburgh, PA	<75	--
Pittsburgh, PA	75+	--
100 U.S. cities	All	--



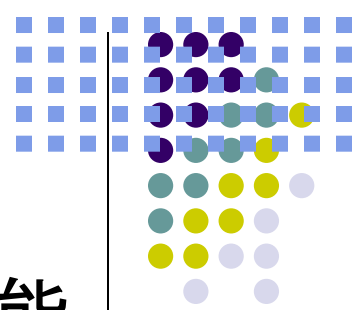
(US EPA, 2012)

呼吸器疾患による入院・救急受診



- PM_{2.5}への短期的な曝露により、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。

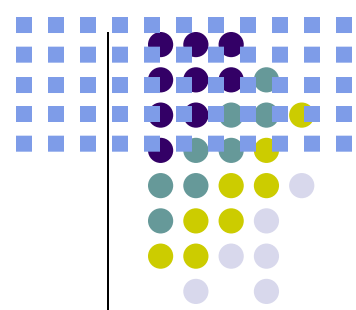
肺機能の変化



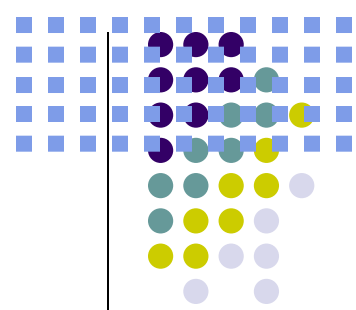
- ピークフロー値（最大呼気流量）等の肺機能の日単位の変化との関連が検討されている。
 - 喘息患者を対象とした研究
 - ピークフロー値はPM_{2.5}濃度が増加すると有意に低下するものが多い。
 - 1秒量についても同様の関連が認められている。
 - 喘息患者以外（健常者）を対象とした研究
 - 報告数は少なく、明らかな関連性を認めていないものが多い。
- ピークフロー値 (PEF) : できるだけ早く息を吐き出す速度 (最大呼気流量)
- 1秒量 (FEV₁) : 努力呼出の開始から1秒間に呼出した空気の量

(U.S. EPA. 2012)

呼吸器症状の変化



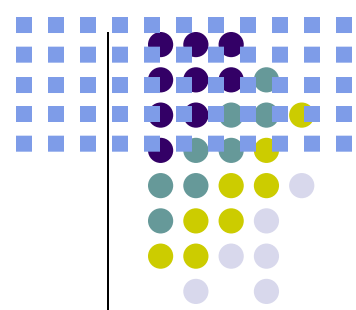
- 喘息または慢性閉塞性肺疾患（COPD）患者を対象として、咳、痰、呼吸困難、喘鳴、気管支拡張剤の使用などの日単位の変化との関連性が検討されている。
- ピークフローでみられたような有意な関連性は認めていない報告が多いが、影響を示唆したものもある。



循環器疾患による入院・救急受診

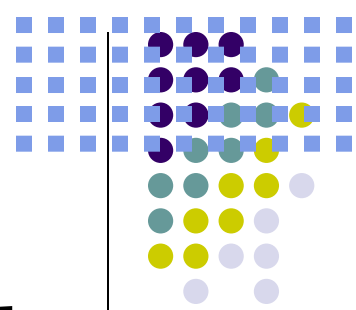
- PM_{2.5}への曝露と循環器疾患（主に虚血性心疾患、うっ血性心不全）による救急受診や入院の増加との関連が多数報告されている。
 - 日平均値が7.0～18.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で認められる。
- PM_{2.5}への短期的な曝露と脳卒中の発症との関連も示されている。
 - 脳梗塞発症リスクは日平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上では15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満の日よりも34%増加する。

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
- 冠動脈疾患等の動脈硬化性の循環器疾患を有する患者で認められたものが多い。

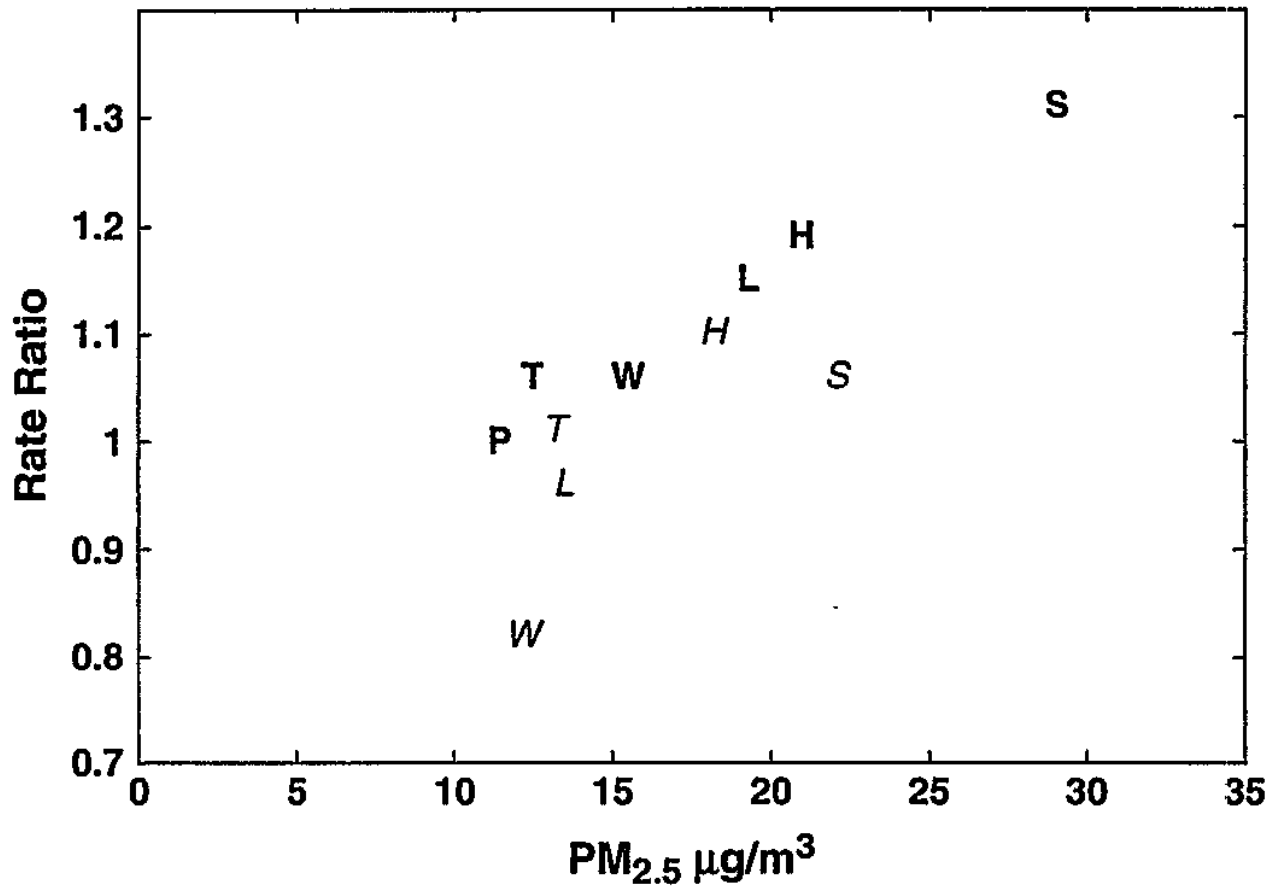
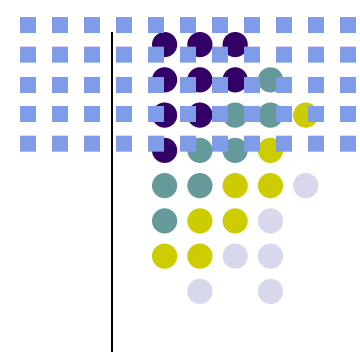
長期曝露の死亡への影響①



- 死亡をエンドポイントとした長期曝露影響は、主に前向きコホート研究により検討されている。
- 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_{2.5}及び硫酸塩濃度との関連が強い。
 - PM_{2.5}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_{2.5}濃度の改善が全死亡の減少と関連があった。

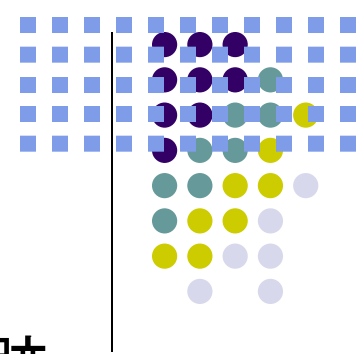
微小粒子と死亡(全死因)との関連

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. 2006)

長期曝露の死亡への影響②



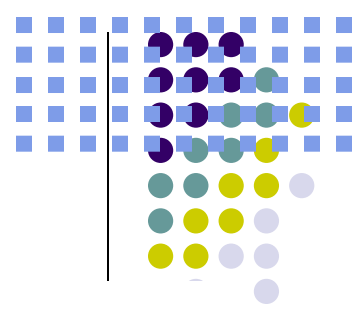
- 米国がん協会 (ACS) 研究
 - 米国50都市、約50万人を1982～1998年追跡
 - PM_{2.5}濃度10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇に伴う死亡リスク

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

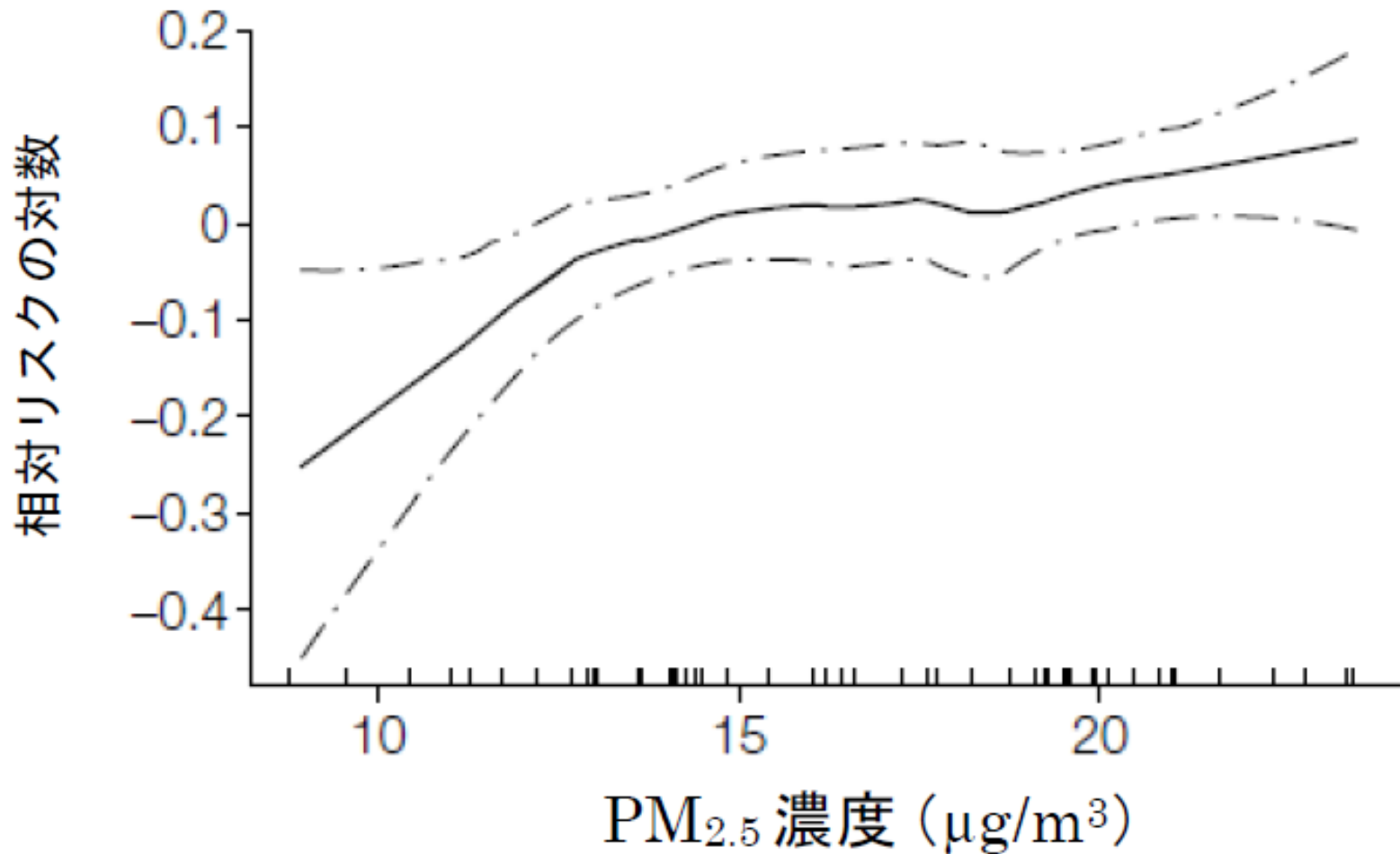
死 因	Adjusted RR (95% CI)*		
	1979-1983	1999-2000	Average
全 死 因	1.04 (1.01-1.08)	1.06 (1.02-1.10)	1.06 (1.02-1.11)
心 肺 疾 患	1.06 (1.02-1.10)	1.08 (1.02-1.14)	1.09 (1.03-1.16)
肺 が ん	1.08 (1.01-1.16)	1.13 (1.04-1.22)	1.14 (1.04-1.23)
そ の 他	1.01 (0.97-1.05)	1.01 (0.97-1.06)	1.01 (0.95-1.06)

*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.

米国ACS Study (Pope III, et al. 2002)

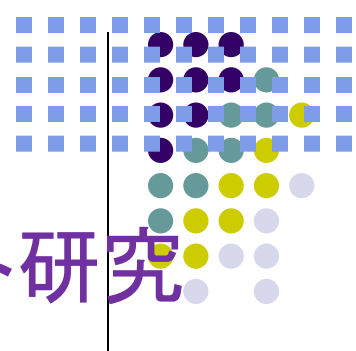


微小粒子と肺がん死亡相対リスク



(Pope, et al. 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)

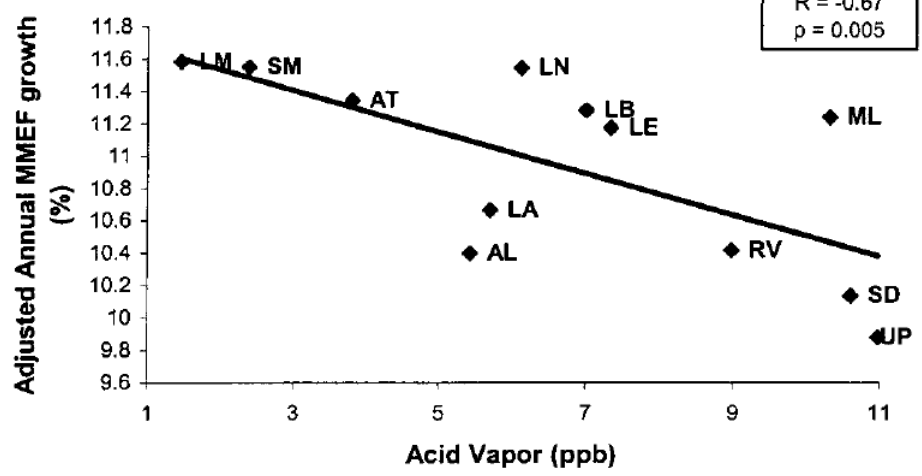
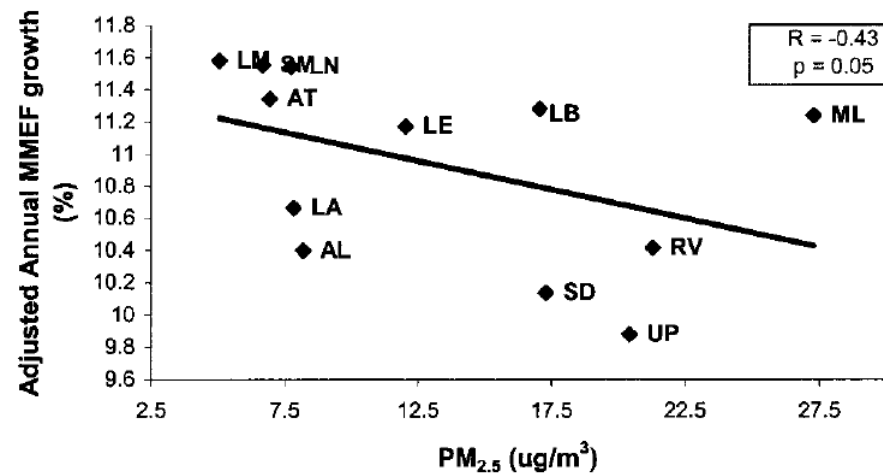
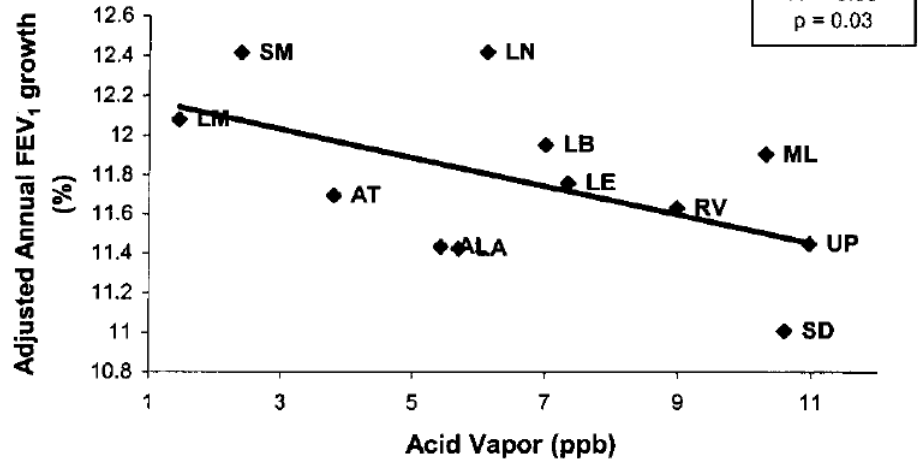
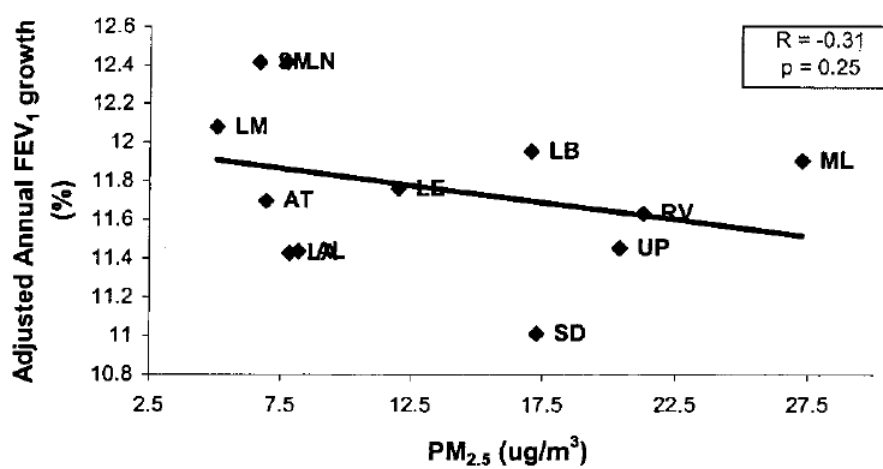
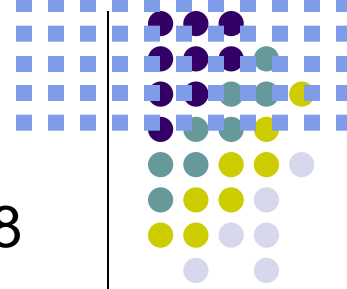
- 発症

- 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)

(Millers, et al. 2007)

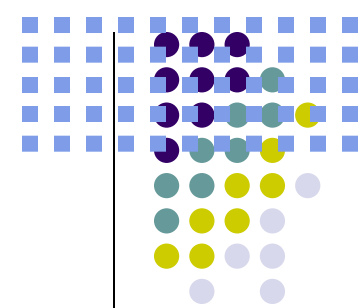
小児の肺機能の成長と大気汚染

南カリフォルニア12地域の小児(約1700名)を対象に、10~18歳まで肺機能を毎年測定し、大気汚染との関係性を評価した。



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

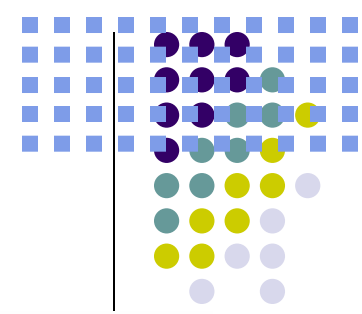
1秒量(FEV₁)の年間成長率 最高汚染地区と最低汚染地区の差(%)



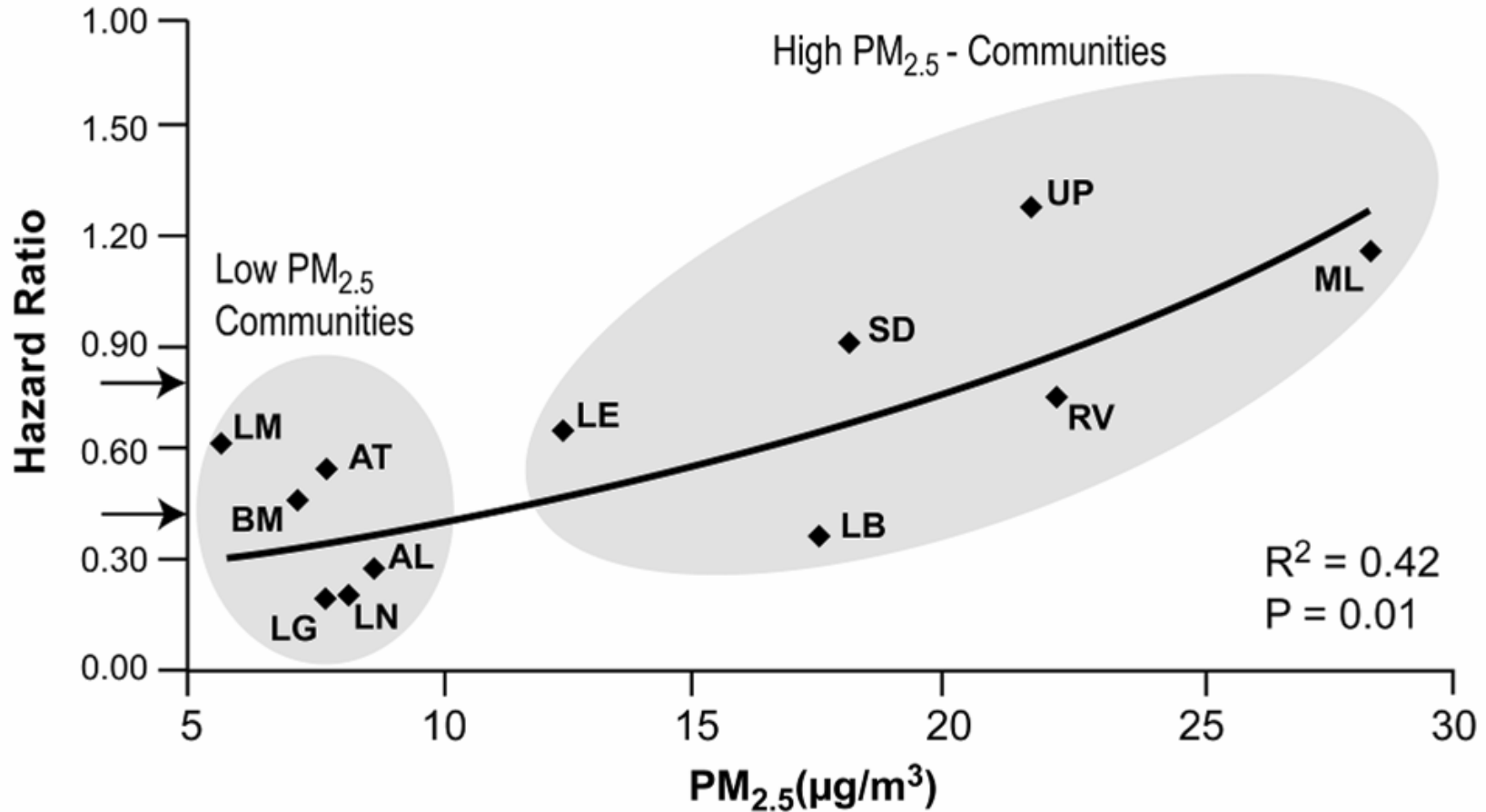
Pollutant [‡]	More Outdoors [†]		Less Outdoors	
	Difference in Growth [‡]		Difference in Growth	
	%	(95% CI)	%	(95% CI)
O ₃ , 10 A.M.–6 P.M.	-0.83	(-1.66, 0.00)	-0.35	(-1.25, 0.56)
NO ₂	-0.82	(-1.56, -0.08)*	-0.21	(-1.03, 0.61)
Acid vapor	-1.01	(-1.65, -0.38)***	-0.31	(-1.11, 0.49)
PM ₁₀	-0.63	(-1.60, 0.35)	0.20	(-0.80, 1.21)
PM _{2.5}	-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ほうが肺機能の成長に対する
大気汚染の影響が大きい。

肺機能と喘息発症との関係

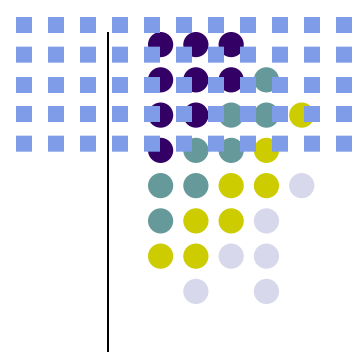


(カリフォルニア小児研究での8年間追跡)

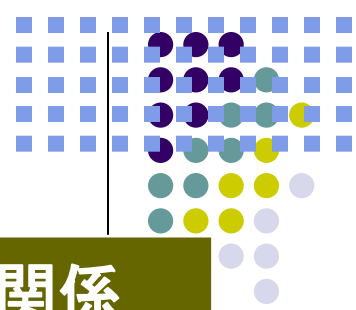


HR(ハザード比): 肺機能高値者の、低値者に対する喘息罹患の比
(Islam, et al. 2007)

長期曝露の呼吸器系への影響 (要約)



- 大気中PM_{2.5}への長期曝露と呼吸器症状・疾患、肺機能との関連性が報告されている。
- 居住地域のPM_{2.5}濃度の改善や、低濃度地域への転居などに伴い、呼吸器症状の有症率が低下し、肺機能値が改善することも示されている。
- PM_{2.5}濃度が高い地域は、NO₂等の他の大気汚染物質も高濃度のことが多い。疫学研究で示された健康指標との関連がPM_{2.5}の影響を示したものの可否かの評価は難しい。

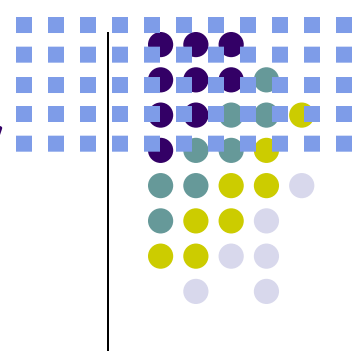


PM_{2.5}の健康影響(米国EPA, 2010)

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

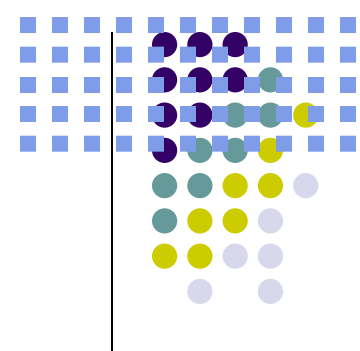
微小粒子状物質曝露影響調査

環境省(2007年7月)



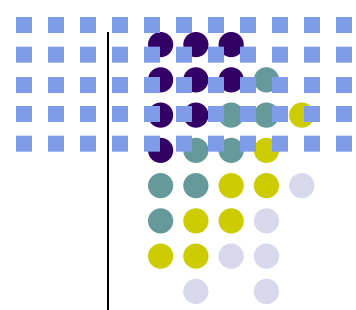
- 短期曝露の影響
 - 日死亡との関連
 - 呼吸器系への影響
 - 喘息による夜間急病診療所の受診
 - 気管支喘息児(入院児)のピークフロー値
 - 気管支喘息児(通院児)のピークフロー値
 - 小学生のピークフロー値及び1秒量
 - 循環器系への影響
 - 埋め込み型除細動器による治療の発生
- 長期曝露の呼吸器系への影響

日死亡との関連



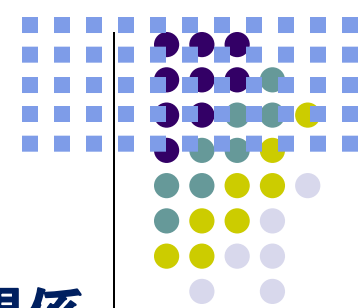
- PM_{2.5}測定地点がある20地域
- 65歳以上の全死因（外因死を除く）、呼吸器疾患、循環器疾患による死亡（平成14～16年）
- 20地域の統合では、呼吸器疾患などで統計的に有意な上昇がみられるものがあった。
- 地域別には、有意な上昇が見られる場合もあったが、逆に有意な低下が見られた地域もある。
- 諸外国に比して死亡リスク推計値は小さく、特に循環器疾患による死亡リスクは異なっていた。

気管支喘息発作による受診への影響



- 対象：千葉県市川市の急病診療所に受診した患者
 - 2002年9月～2003年8月の平日夜間(19～24時)に受診し、喘息と診断された者409名
- 受診前の大気汚染物質濃度との関連を検討
- 温暖期(4～9月)には、受診前の光化学オキシダント濃度が増加すると喘息による受診リスクが増加し、6歳未満では有意であった。
- PM_{2.5}濃度との関連は、温暖期、寒冷期ともにまったく認められなかった。

喘息による急病診療所受診と 大気汚染との関連



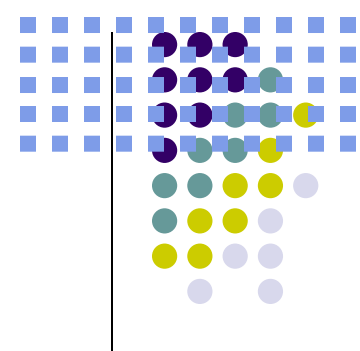
受診0-23時間前の平均濃度(24時間平均)との関係
multi-pollutant model (PM_{2.5}、Ox、NO₂のすべてと気温を説明変数)

時期	対象	PM _{2.5}		Ox		NO ₂	
		OR [†]	(95%CI)	OR [‡]	(95%CI)	OR [‡]	(95%CI)
温暖期 (4-9月)	全受診者	0.898	(0.692, 1.165)	1.146	(0.976, 1.346)	1.099	(0.825, 1.462)
	6歳未満	0.801	(0.567, 1.132)	1.298*	(1.050, 1.605)	1.156	(0.789, 1.695)
寒冷期 (10-3月)	全受診者	0.868	(0.663, 1.136)	1.107	(0.821, 1.491)	1.163	(0.855, 1.580)
	6歳未満	0.958	(0.649, 1.415)	0.957	(0.629, 1.458)	1.130	(0.734, 1.739)
盛夏期 (7-9月)	全受診者	0.875	(0.591, 1.295)	1.247	(0.986, 1.576)	1.113	(0.730, 1.696)
	6歳未満	0.700	(0.418, 1.171)	1.437*	(1.053, 1.962)	1.531	(0.873, 2.686)

* p<0.05、[†] 10μg/m³増加あたりのオッズ比、[‡] 10ppb増加あたりのオッズ比

(Yamazaki, Shima, et al. J Epidemiol, 19:143-151, 2009)

ピークフロー値との関連

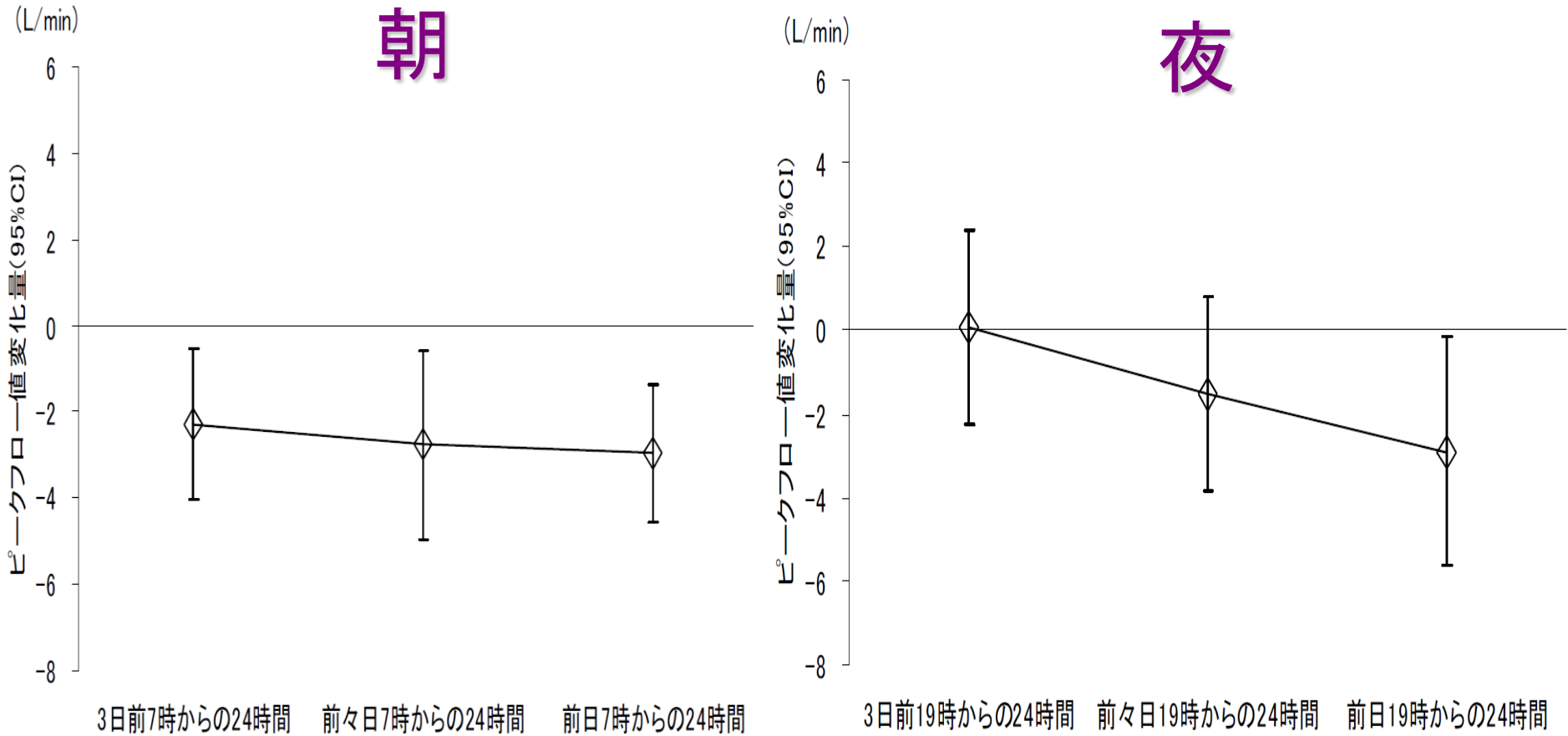
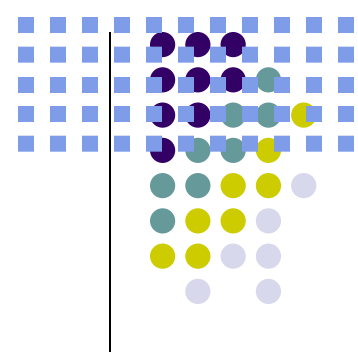


気管支喘息児（入院児）

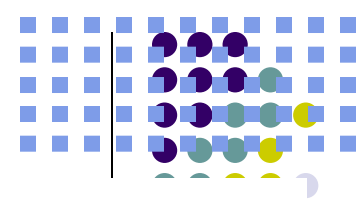
- 千葉県の病院に長期間入院している小児気管支喘息患者（男子14名，女子3名、平均11.4歳）
- 毎日午前7時と午後7時にピークフロー値を測定
- PM_{2.5}濃度は病院近傍の大気環境測定局で測定
- ピークフロー値とPM_{2.5}濃度の関連を検討
 - 時間帯別に、性，年齢，身長，気温の影響を調整
 - PM_{2.5}濃度が10 μg/m³増加したときのピークフロー値の変化量で示した。

ピークフロー値変化量

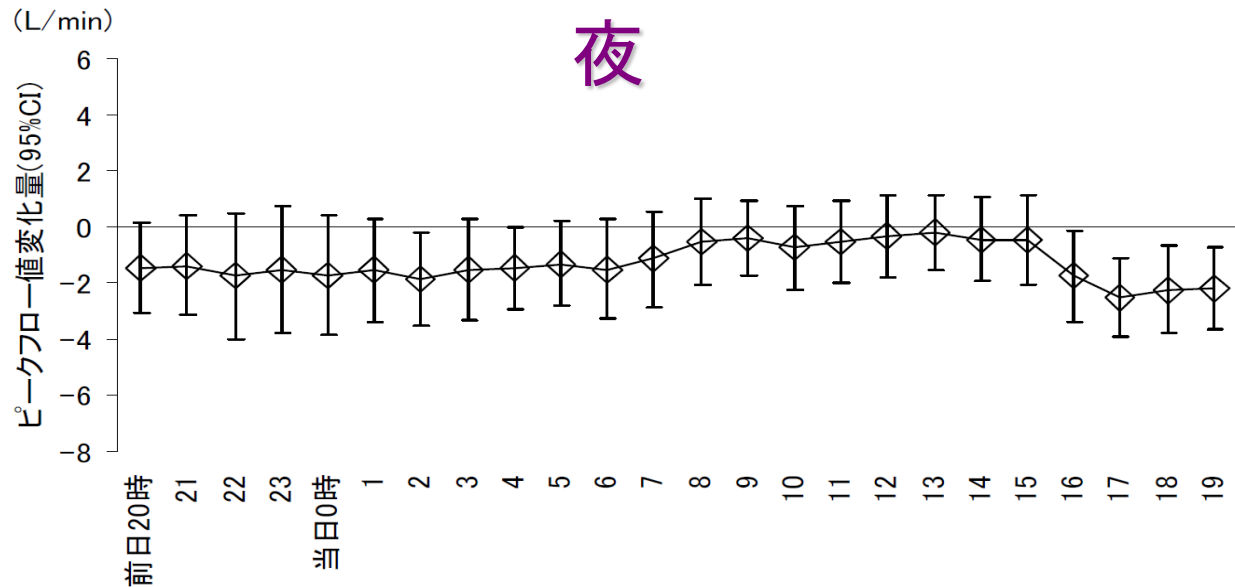
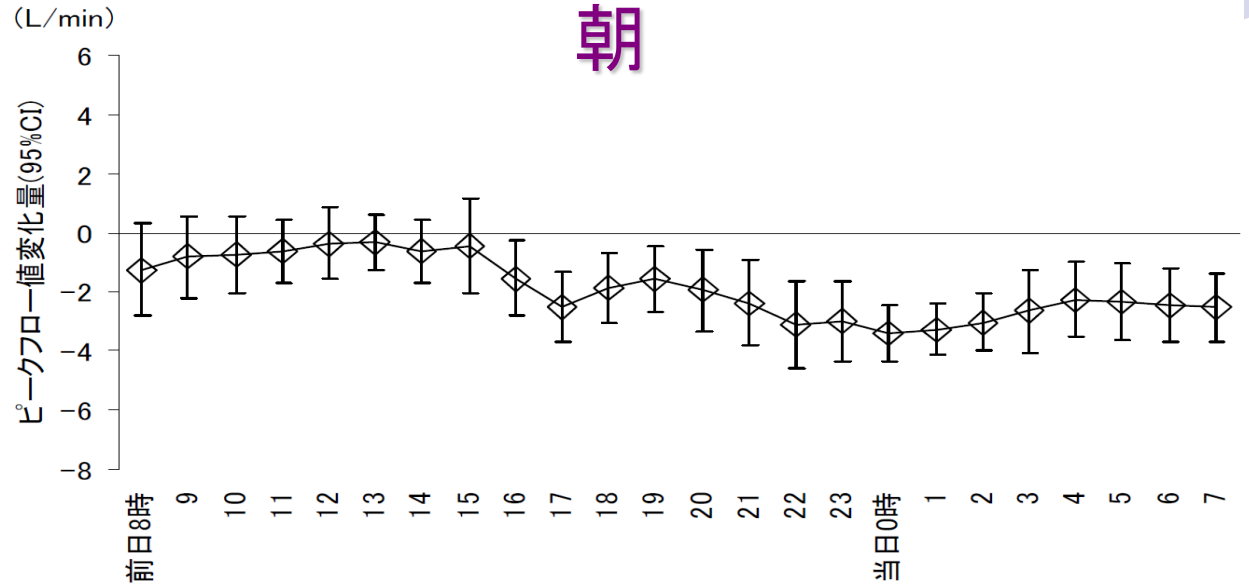
24時間平均PM_{2.5}濃度10 μg/m³増加あたり



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



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

ピークフロー値との関連(要約)



- 気管支喘息児(入院児)

- 午後4時以降の大気中PM_{2.5}濃度の上昇により、当日夜と翌日朝のピークフロー値の有意な低下が観察された。

- 水泳教室に通う喘息患児

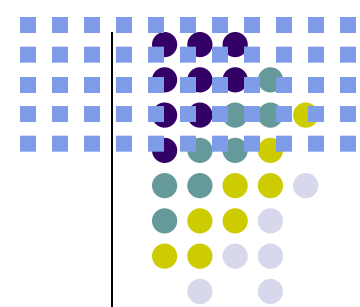
- 温暖期に起床時のピークフロー値の低下と大気中SPM濃度との関連がみられた。

- 小学生(健常児)

- 夜間の肺機能値は、測定前の一部の時間帯の大気中PM_{2.5}濃度が高いとわずかに低下するという関連性が認められた。

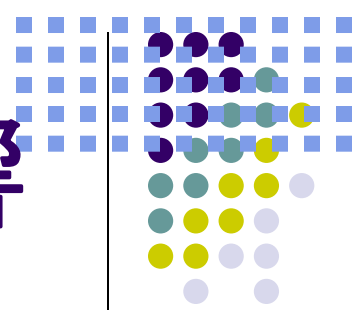
3つの異なる集団で、大気中PM_{2.5}またはSPM濃度の上昇と肺機能値の低下との関連が示された。

循環器系への影響



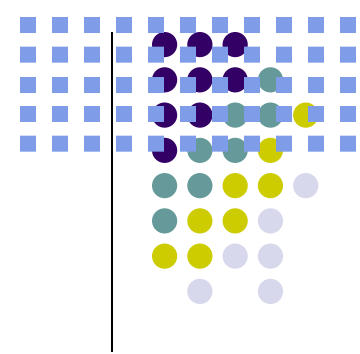
- 埋め込み型除細動器により心室性不整脈の治療を受けている患者57名を対象とした。
- 1996年1月～2001年6月の治療記録を用いた。
- 除細動器による心室性不整脈の治療記録は、専門医により心室頻拍(期間中170回)と心室細動(86回)に分類した。
- SPM濃度と除細動器による治療の発生との関連は認められなかった。

長期曝露の呼吸器系への影響



- 環境省微小粒子状物質曝露影響調査
 - 全国7地域の3歳児とその保護者について、呼吸器症状を5年間追跡調査
 - 小児では、呼吸器症状の有症率及び喘息様症状の発症率とPM_{2.5}濃度との関連はみられなかった。
 - 保護者では、持続性の咳、痰の有症率とPM_{2.5}濃度の関連性が認められた。

長期曝露の死亡への影響

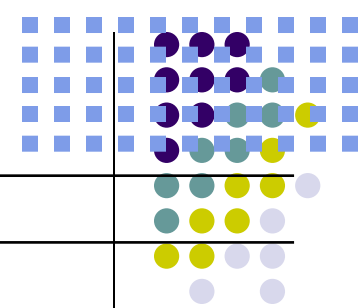


● 3府県コホート研究

- 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。

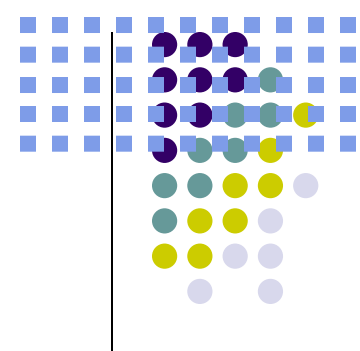
SPM濃度 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加あたり相対リスク 1.53

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		
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		
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濃度と負の関連あり(血圧などのリスク因子未調整)

微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の 喘息に与える短期的影響



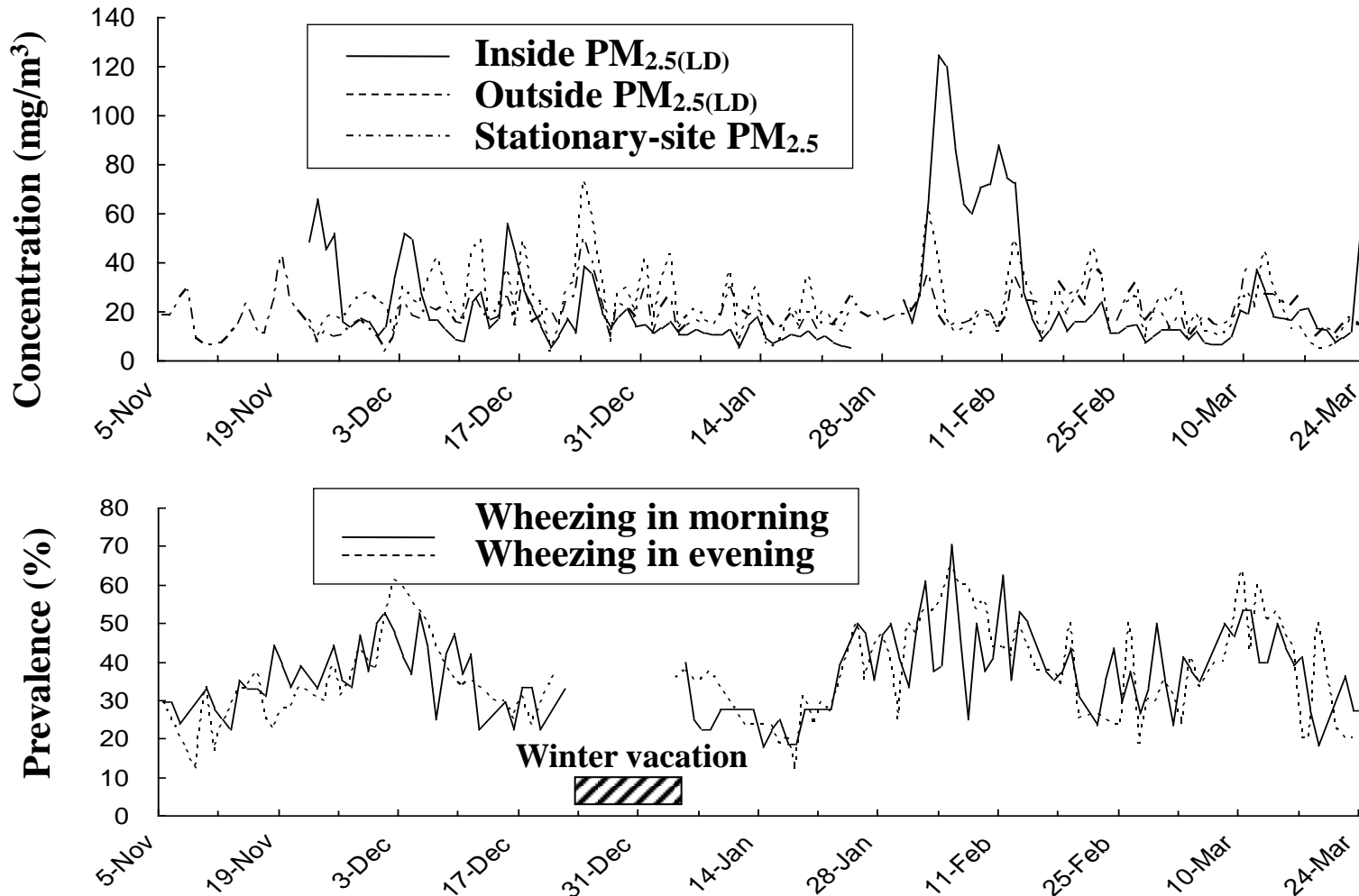
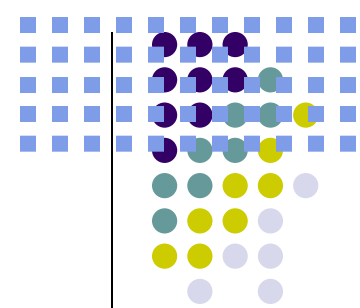
● 対象者

- ぜん息のために長期にわたって入院中の小児気管支喘息患者19名 (男子8名、女子11名、8~15歳)

● 方法

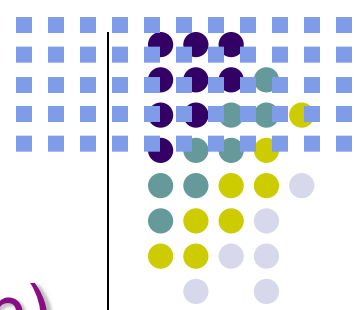
- 毎日、朝 (午前6時) と夜 (午後7時) に肺機能を測定し、看護師により喘鳴の有無を確認した。
- PM_{2.5}濃度は、病院内 (病室)、病院外 (玄関)、病院に近接する一般環境大気測定局で測定
- 最大呼気流量 (PEF) 及び喘鳴症状とPM_{2.5}濃度との関連を解析した。

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)



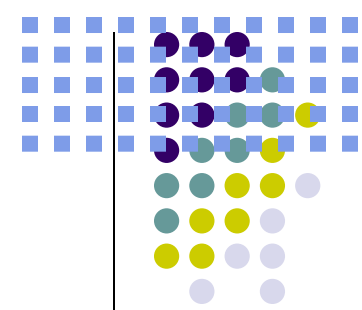
	Change*	95% CI		p値
<i>PEF in morning</i>				
院内 PM _{2.5}	-2.86	-4.12	-1.61	<0.001
院外 PM _{2.5}	-1.34	-2.99	0.32	0.113
測定局 PM _{2.5}	-0.35	-1.89	1.20	0.662
<i>PEF in evening</i>				
院内 PM _{2.5}	-3.59	-4.99	-2.20	<0.001
院外 PM _{2.5}	-3.40	-6.47	-0.33	0.030
測定局 PM _{2.5}	-1.38	-3.84	1.08	0.271

* 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_{2.5}濃度と喘鳴との関連

24時間平均濃度の4分位別オッズ比

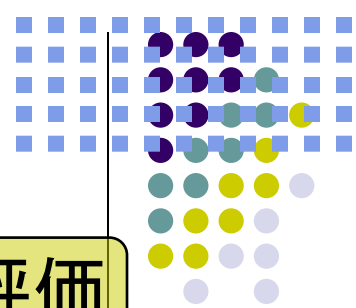


	朝			夜		
	オッズ比*	95%信頼区間		オッズ比*	95%信頼区間	
院内PM_{2.5}(24時間平均)($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
<11.0	1.00			1.00		
11.0–15.3	1.05	0.99	1.12	1.10	1.04	1.16
15.4–27.9	1.09	1.03	1.15	1.14	1.05	1.23
≥ 28.0	1.08	1.02	1.14	1.22	1.10	1.35
測定局PM_{2.5}(24時間平均)($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
<13.9	1.00			1.00		
13.9–18.1	1.03	0.96	1.10	1.01	0.96	1.07
18.2–23.5	1.02	0.96	1.08	1.06	1.02	1.11
≥ 23.6	1.01	0.95	1.09	1.09	1.03	1.16

* 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)

微小粒子状物質の環境基準



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）

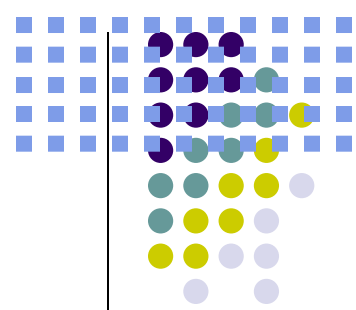
粒子状物質に係る環境基準等

		米国	日本	中国	WHO
PM _{2.5}	1日平均	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ **	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	年平均	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ***	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ **	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

* 日本のPM_{2.5}の環境基準は2009年9月告示

** 中国のPM_{2.5}の環境基準は2012年2月設定。北京・天津・河北、長江デルタ、珠江デルタ等の重点地域、直轄市及び省都の計74都市で2012年末から実施、2016年1月～全国施行。

*** 米国のPM_{2.5}の環境基準（年平均）は2012年12月改訂

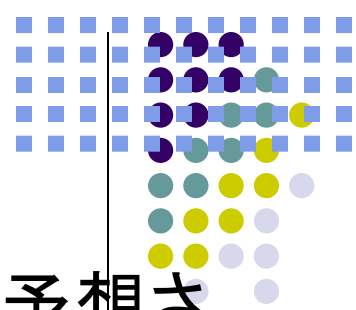


注意喚起のための暫定的な指針

レベル	暫定的な指針となる値	行動のめやす	注意喚起の判断に用いる値 ※3	
	日平均値 (μg/m ³)		午前中の早めの時間帯での判断	午後からの活動に備えた判断
			5時～7時	5時～12時
		1時間値 (μg/m ³)	1時間値 (μg/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※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	80超
I	70以下	特に行動を制約する必要はないが、高感受性者は、健康への影響がみられることがあるため、体調の変化に注意する。	85以下	80以下
(環境基準)	35以下 ※1			

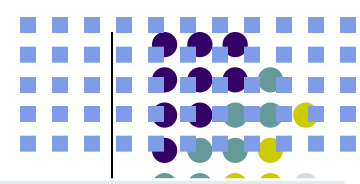
- ※1 環境基準は環境基本法第16条第1項に基づく人の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準。
PM_{2.5}に係る環境基準の短期基準は日平均値35μg/m³であり、日平均値の年間98パーセンタイル値で評価。
- ※2 高感受性者は、呼吸器系や循環器系疾患のある者、小児、高齢者等。
- ※3 暫定的な指針となる値である日平均値を超えるか否かについて判断するための値。

「暫定的な指針」を超える場合



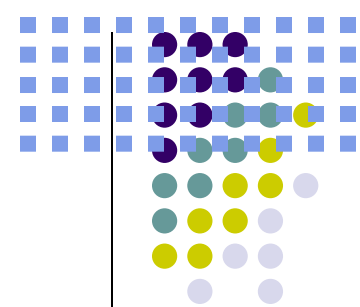
- PM_{2.5}の1日平均値が70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えることが予想される場合は、都道府県等から注意喚起が行われる。
- その場合、屋外での長時間の激しい運動を控えることが推奨される。屋内においても換気や窓の開閉を必要最小限にし、外気の侵入をできるだけ少なくすることが望ましい。
- ただし、この値を大きく超えない限り、健康な人に影響がみられるわけではないので、運動会等の屋外での行事を中止する必要はない。
 - 「大きく超える場合」とは？
十分な科学的知見はないが、米国の空気質指数(Air Quality Index)では、150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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)



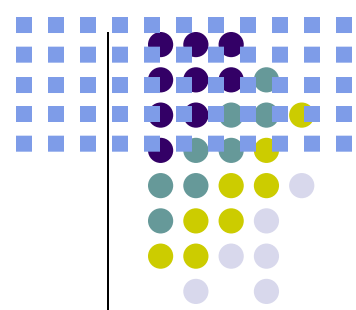
AQI	PM _{2.5} 日 平均値	区分	健康影響	健康保護アドバイス
0-50 (緑)	0-12 μg/m ³	良好 (Good)	大気環境は良好で、危険性はほとんど又はまったくない。	
51-100 (黄)	13-35 μg/m ³	中程度 (Moderate)	大気汚染度は許容範囲だが、一部の人の健康に影響を与える可能性がある。	・特に敏感な人は、長時間又は激しい屋外活動の減少を控えるよう心がけるべき。
101-150 (橙)	36-55 μg/m ³	敏感な人に影響 (Unhealthy for Sensitive Group)	一般成人は健康に影響を及ぼすおそれはないが、心臓・肺疾患患者、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、長時間又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>長時間又は激しい屋外活動を中止すべき。</u> ・すべての人は、 <u>長時間又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。	

高感受性者に対する注意



- ぜん息などの呼吸器疾患、心臓病など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、体調の変化に注意が必要である。(例えば、ぜん息の場合、せき、たん、呼吸困難などの症状の変化に注意)

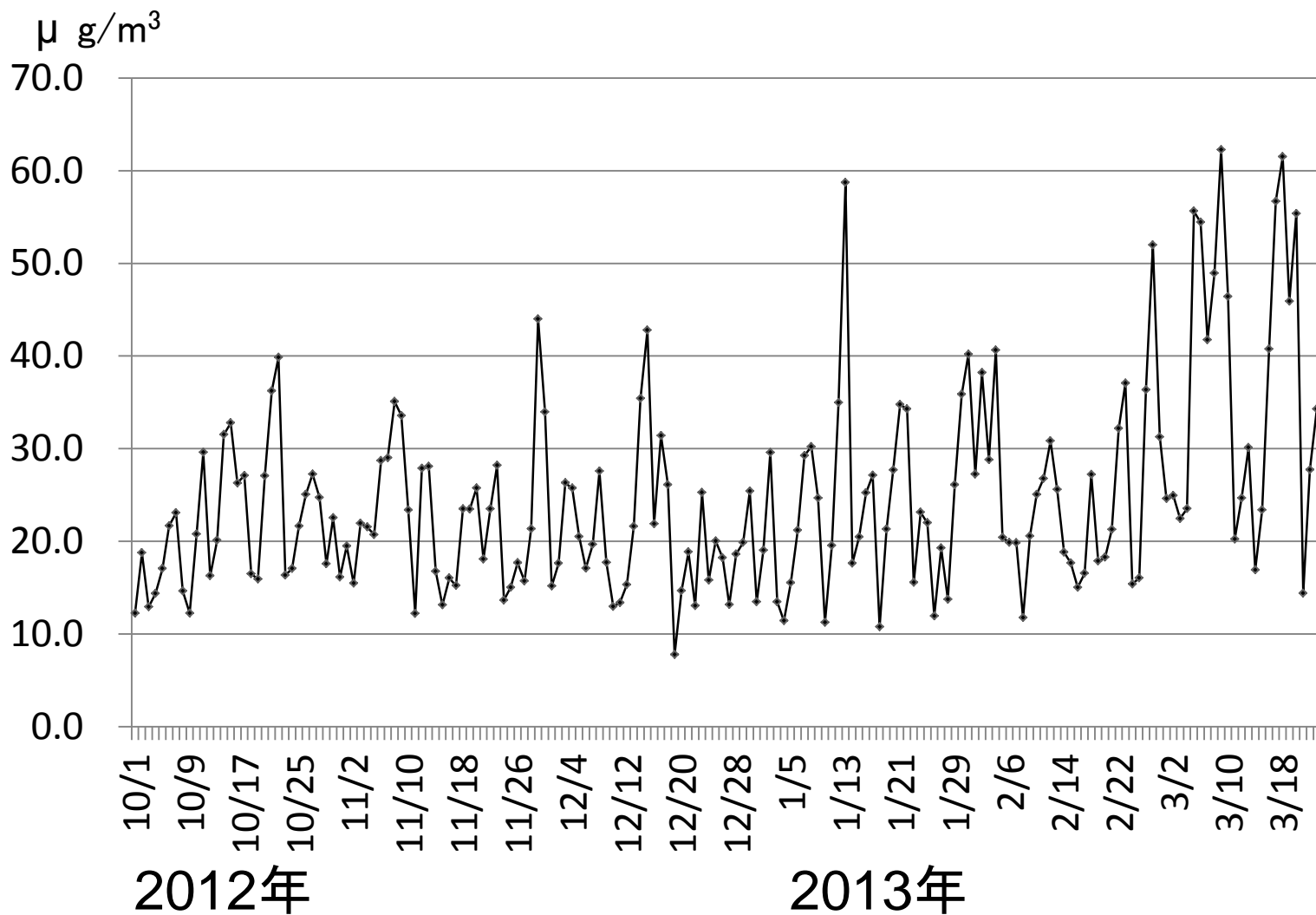
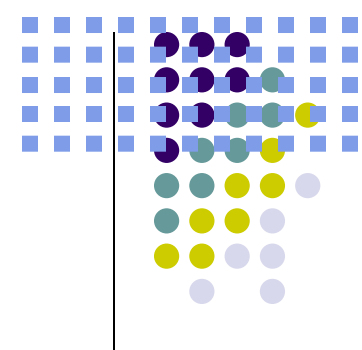
気管支喘息発作による受診への影響 (2013年1～3月)



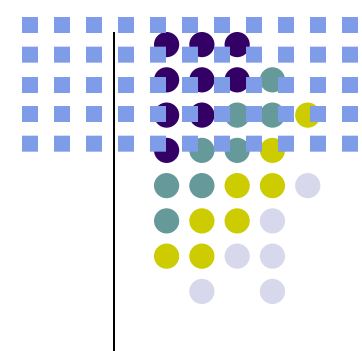
- 対象：兵庫県姫路市の急病センターの受診患者
 - 2013年1月～3月の平日夜間(21時～翌日6時)に受診し、喘息と診断された112名
- 受診前の大気汚染物質濃度との関連をケース・クロスオーバーデザインにより検討
 - 解析対象：粒子状物質(PM_{10} 、 $PM_{2.5}$)、ディーゼル排ガス由来ブラックカーボン(OBC)、二酸化窒素(NO_2)、オゾン(O_3)の日平均値
 - 気圧、湿度、気温、風速、日照時間の影響を考慮



PM_{2.5}濃度(日平均値)の推移



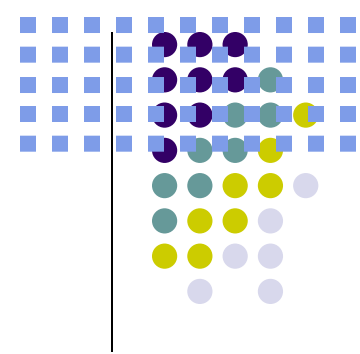
喘息による受診と大気汚染物質濃度の関連(単一汚染物質モデル)



汚染物質 (増加単位)	受診当日		受診前日		受診前 3日平均	
	RR	95%CI	RR	95%CI	RR	95%CI
PM _{2.5} (10μg/m ³)	1.24	0.94-1.64	0.97	0.73-1.30	1.22	0.74-2.00
PM ₁₀ (10μg/m ³)	1.12	0.95-1.32	1.07	0.88-1.29	1.22	0.92-1.63
OBC (0.1μg/m ³)	1.06	0.98-1.15	0.98	0.91-1.06	1.03	0.90-1.17
NO ₂ (10ppb)	2.08	1.09-3.98	0.83	0.47-1.46	1.27	0.51-3.12
O ₃ (10ppb)	0.84	0.51-1.37	1.62	1.04-2.51	2.60	1.07-6.34

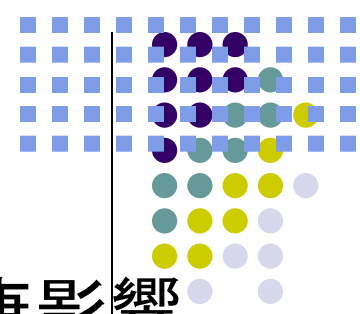
(Yamazaki, Shima, et al. Environ Health Pre Med, 2014)

喘息による受診と大気汚染物質濃度の関連(複数汚染物質モデル)



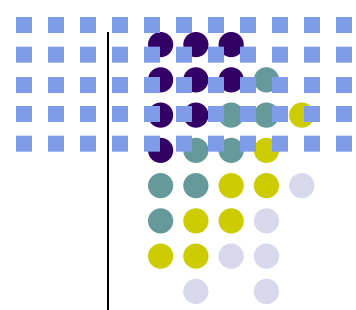
汚染物質 (増加単位)	受診当日		受診前日		受診前 3日平均	
	RR	95%CI	RR	95%CI	RR	95%CI
PM _{2.5} (10μg/m ³)	0.99	0.68-1.45	0.97	0.68-1.38	0.86	0.46-1.62
NO ₂ (10ppb)	2.87	0.83-9.90	1.91	0.68-5.40	2.27	0.63-8.24
O ₃ (10ppb)	1.36	0.64-2.88	2.31	1.16-4.61	3.98	1.28-12.38

近年の疫学研究の特徴



- 従来に比べて、より低濃度の地域での健康影響が検討されている。
 - 日本の都市部における一般環境よりも低濃度であっても健康影響が認められている。
- 近年はコホート研究において疾病の発症、症状の変化など、より早期の影響を評価している。
 - 既存のコホート研究の活用など、多地域を対象とした研究が行われている。
- 生殖・発達への影響についても注目されている。
 - 大規模な出生コホート研究が実施されている。
 - 現時点ではPM_{2.5}への曝露と生殖・発達との関係について明確な結論を導くことは困難である。

おわりに



- 諸外国における研究により、PM_{2.5}濃度と循環器・呼吸器系疾患等との関連性が示されている。
- 短期的影響は、呼吸器系や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、健常者への影響については十分な知見がない。
- 長期的影響は、わが国における一般環境レベルでも生じる可能性が否定できない。
- わが国ではPM_{2.5}の健康影響に関する知見が不足しており、長期継続的な疫学調査が必要である。

A bright blue sky with wispy white clouds and a green field in the foreground. A large, dark green tree is visible on the right side of the horizon.

ご清聴ありがとうございました