

## 特集1 禁煙推進

〈1. タバコ煙の組成〉

### 1-1) タバコ煙はPM<sub>2.5</sub>： 全面禁煙化の必要性

産業医科大学産業生態科学研究所健康開発科学研究室教授

大和 浩



#### 抄 録

タバコ煙の燃焼によりガス状成分と粒子状成分が発生する。粒子状成分はミスト状のタールであり、その直径は1μm以下、つまり、典型的な微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) である。2013年より始まった健康日本21 (第二次) では、成人喫煙率の減少だけでなく、受動喫煙機会の減少についても数値目標を掲げ、それを減らすための方策が求められている。乳幼児から学童期の子どもの居る家庭の喫煙率はいまだに高く、子ども達はさまざまな場面で受動喫煙に曝露されている。本稿では、喫煙者と同居する子ども達が受動喫煙に曝露される状況を想定して、その濃度をPM<sub>2.5</sub>で評価した。子ども達を受動喫煙から保護するためには、自宅とその周囲や自家用車、さらには、飲食店等のサービス産業も全面禁煙とせねばならないことが示された。

キーワード：受動喫煙，微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>)，全面禁煙，気管支喘息，中耳炎

#### はじめに

2013年2月、急速に工業化が進む中国で発生した微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) による越境汚染が社会問題となった。PM<sub>2.5</sub>とは、空中の粒子状物質 (Particulate Matter) のうち、粒子径が2.5μm以下の非常に小さい粒子の総称である (図1)。



図1 PM<sub>2.5</sub>，スギ花粉，毛髪の大きさを示す電子顕微鏡写真

#### PM<sub>2.5</sub>による健康への悪影響

環境中のPM<sub>2.5</sub>は、主に石炭や石油などが燃焼する際に発生する。質の良くない化石燃料を使用し、その排煙、排ガスから粒子を除去する対策が未熟な状態では環境中のPM<sub>2.5</sub>が高くなる。わが国でも1960年代の高度成長期には排煙、排ガスによる大気汚染により、

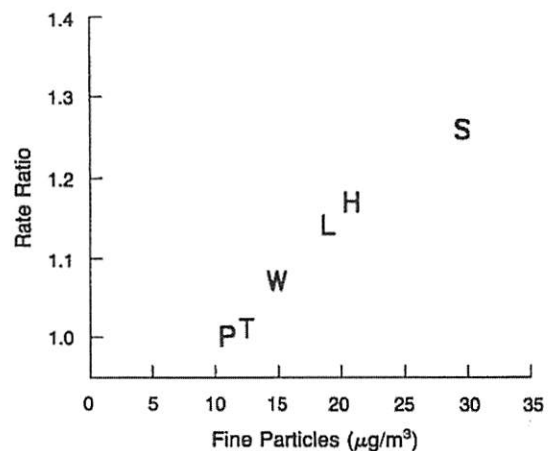


図2 PM<sub>2.5</sub>濃度と住民の死亡率 (ハーバード6都市研究) S: スチューベンビル (オハイオ州), H: ハリマン (テネシー州), L: セントルイス (ミズーリ州), W: ウォータータウン (マサチューセッツ州), T: トベカ (カンザス州), P: ポーテージ (ウィスコンシン州)

Hiroshi Yamato (産業医科大学産業生態科学研究所  
健康開発科学研究室)  
〒807-8555 福岡県北九州市八幡西区医生ヶ丘1-1

表1 世界保健機関 (WHO) のPM<sub>2.5</sub>の基準値 (2005年)

年平均	
暫定目標 1	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ：住民の死亡率が指針値 (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下) より15%上昇
暫定目標 2	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ：住民の死亡率が暫定目標 1 よりも 6 %減少する
暫定目標 3	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ：住民の死亡率が暫定目標 2 よりも 6 %減少する
指針値	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ：心臓・呼吸器系疾患、肺癌による住民の死亡率が上昇しない
24時間平均	
暫定目標 1	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ：住民の死亡率が 5 %上昇する
暫定目標 2	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ：住民の死亡率が2.5%上昇する
暫定目標 3	37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ：住民の死亡率が1.2%上昇する
指針値	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ：住民の死亡率が上昇しない年平均値と24時間平均値の関係に基づく濃度

四日市喘息に代表される呼吸器疾患が工業地帯を中心に発生した。

PM<sub>2.5</sub>の健康影響に関する研究は、ハーバード大学がアメリカの6都市のPM<sub>2.5</sub>濃度と約8,000人の住民の死亡率、死亡原因を1974年から1991年にかけて追跡したコホート調査が知られている<sup>2)</sup>。喫煙習慣、性別、年齢、BMIなどの因子を調整しても、図2に示すように、PM<sub>2.5</sub>濃度が25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ あたりの相対リスクの増加は全死亡で1.36倍 (95% CI: 1.11-1.68)、肺癌死亡で1.51倍 (95% CI: 0.75-3.09)、心肺疾患死亡で1.51倍 (95% CI: 1.16-2.00) であった。この調査を1998年まで延長した拡大研究、また、アメリカ全土50都市29万人を追跡したACS (American Cancer Society) 研究でも同様の傾向であること、また、PM<sub>2.5</sub>濃度が高い日には死亡数が増えることも確認されている。2013年10月、WHOの外部組織である国際がん研究機関は、大気汚染とその原因物質であるPM<sub>2.5</sub>を明らかな発がん性物質に分類したことを発表した。

なお、がんだけでなく循環器疾患も増加するのは、PM<sub>2.5</sub>による呼吸器内の炎症が血液凝固系や免疫系を介して影響するためと考えられている。

### PM<sub>2.5</sub>の環境基準

1997年、アメリカではPM<sub>2.5</sub>の環境基準が上記の結果をもとに検討され、その基準は年平均で15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、24時間の日平均で35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とされた<sup>3)</sup>。2005年、世界保健機関 (WHO) は空気環境基準の改定を行い、表1のようにPM<sub>2.5</sub>に関する基準値を設定した<sup>4)</sup>。いずれも、ヒトに対する影響が重視されており、これらをもとにわが国の環境省は、2009年、PM<sub>2.5</sub>の環境基準を「1年平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1日平均値で35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること」と告示した<sup>5)</sup>。さらに、2013年に越境汚染が問題となり、都道府県などが住民に外出を自粛するよう呼びかける暫定指針値を70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とすることが発表された<sup>6)</sup>。

### 越境汚染によるPM<sub>2.5</sub>

2013年、各自治体が環境中のPM<sub>2.5</sub>濃度をリアルタイムでホームページなどに公表するようになったが、表1に照らし合わせてみると人体に影響があるほど高い日は少ない。わが国の問題点は、屋外のPM<sub>2.5</sub>汚染ではなく、屋内の汚染の方が深刻なことである。

### タバコ煙は典型的なPM<sub>2.5</sub>

喫煙によって大量のPM<sub>2.5</sub>が発生することは案外知られていない。タバコ葉と巻紙が燃焼する際に、粒子状成分 (ミスト状のタール) とガス状成分 (一酸化炭素など) が発生するが、タバコ1本の喫煙から28~36mgのミスト状のタールが発生する<sup>7)</sup>。そのことは、喫煙者の口にティッシュを当て、煙を吹きつけるとタール色に着色することで確認できる。タバコ煙が視認できるのは、この粒子状成分が太陽や電灯の光を乱反射するからである。

タバコの先端から立ち上る副流煙が青紫色に見えるのは、その粒子径が紫~青の波長、つまり0.4~0.5 $\mu\text{m}$ であることを意味する。それが肺内の水分を吸収して約2倍に膨張すると赤の波長0.8 $\mu\text{m}$ まで反射するため、喫煙者が吐き出す煙は白く見えるようになるのである。すべてのタバコ煙の直径は1 $\mu\text{m}$ 以下、つまり、典型的なPM<sub>2.5</sub>であることが煙の色から理解される。故に、肺の最深部である肺胞に到達し、喫煙者の肺は肉眼的に表面がタールで黒くなる、という現象が発生する。もし、タール煙が気管・気管支の途中で沈着するサイズであれば、肺の断面でしかその沈着は確認できないはずである。さらに言えば、肺胞に沈着しなかったタバコ煙は、口から吐出されるほど、その粒子径は小さいのである。

タバコ煙はその粒径が有害なだけでなく、多環芳香族炭化水素、タバコ特異的ニトロソアミンや放射性物質のポロニウムなど64種類の発がん性物質をはじめ、

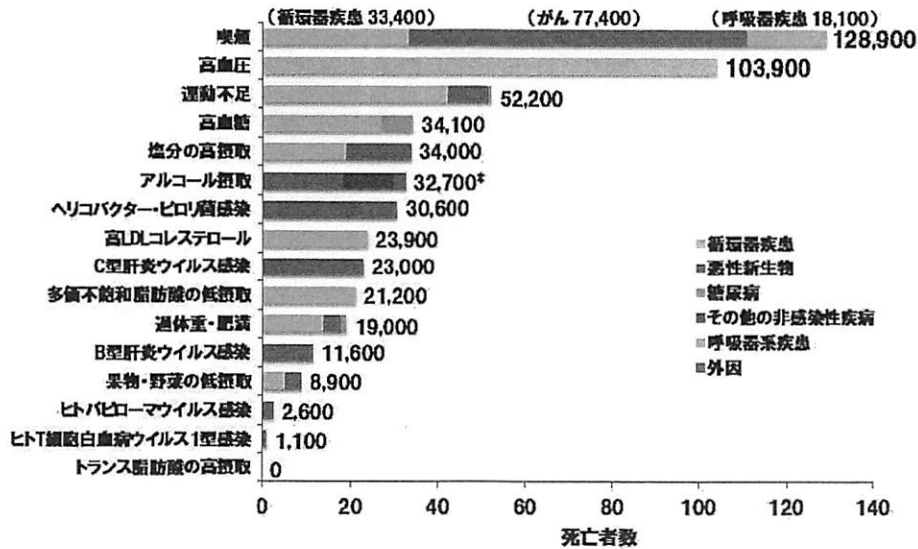


図3 日本人の死亡原因：健康日本21（第二次）

表2 わが国の喫煙対策に関する政策目標

項目	現状	目標	
成人の喫煙率の減少 禁煙希望者(37.6%)が やめる	19.5% (2010年)	12% (2022年)	
受動喫煙の機会を 有する者の割合の減少	行政機関 (2008年)	16.9%	0%
	医療機関 (2008年)	13.3%	0%
	職場 (2011年)	44 %	2020年までに 受動喫煙のない職場の実現
	家庭 (2010年)	10.7%	3% (2022年度)
飲食店 (2010年)	50.1%	15% (2022年度)	

数百種類の有害物質を含んでいる<sup>7)</sup>。わが国の死因の第1位は喫煙関連疾患で年間の超過死亡は13万人（図3）<sup>8)</sup>、また、副流煙と吐出煙の混合物を吸引させられる受動喫煙による超過死亡6,800人の原因となっていることから<sup>9)</sup>、2013年から始まった健康日本21（第二次）では、喫煙率の減少と受動喫煙機会の減少について、表2に示す政策目標を掲げて対策を開始した<sup>8)</sup>。

### 受動喫煙に曝される子どもの割合

健康日本21（第二次）では、国民健康・栄養調査をもとに「家庭で日常的に受動喫煙の機会を有する者」の割合を2010年で10.7%と推計しているが、保護者世代に相当する20～40代の男性喫煙率は40%を超えていることから、家庭で受動喫煙に曝露されている子どもの割合は、表2の推計値よりも多いと思われる。2008年の国際対がん連合の調査によれば、東南アジアの子どもが家庭で受動喫煙に曝露されている割合は42.8%とされており<sup>10)</sup>、実際、筆者が小学校の授業で「家庭でタバコの臭いがするか」と尋ねると、3～4割の児

童の手が挙がる。

### 子どもが曝露される受動喫煙の濃度

子どもが受動喫煙の曝露を受ける可能性がある状況を想定して、PM<sub>2.5</sub>を測定するデジタル粉じん計（Sidepak社製、AM510）を用いて評価した。なお、質量濃度換算係数は0.295を用いた。

#### ①居室での喫煙

6畳の部屋で1本の喫煙を行った場合のタバコ煙の濃度は600～700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達し、PM<sub>2.5</sub>の汚染がひどい日の北京と同じ状況になった。昨今、子どもが居る茶の間で喫煙する人は少なくなっているが、現在でもこのような状況で受動喫煙に曝露されている子どもが少なからず居ることは、「園児のバッグを開けると中がタバコ臭い」という保育士の証言からうかがい知ることが出来る。この実験では、襖の隙間から隣のリビングに拡散したタバコ煙の濃度も200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達していたことから、「個室で吸う」ことでは子どもの受動喫煙を防止できないことも分かる（図4）。

◇1-1) タバコ煙はPM<sub>2.5</sub>：全面禁煙化の必要性

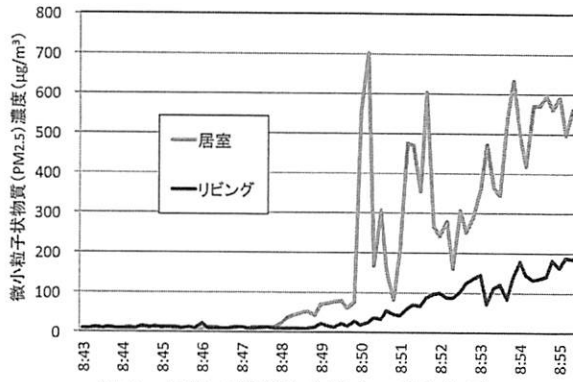


図4 居室で喫煙した場合の受動喫煙



図5

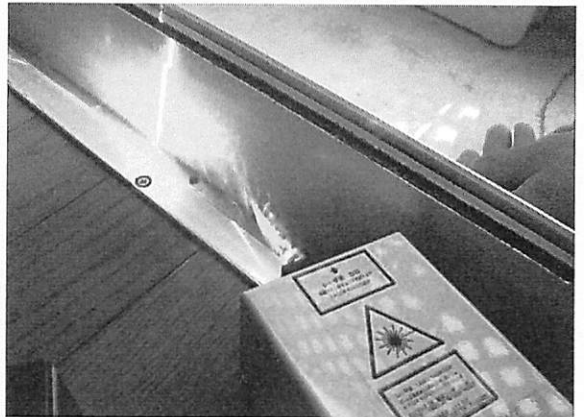


図7

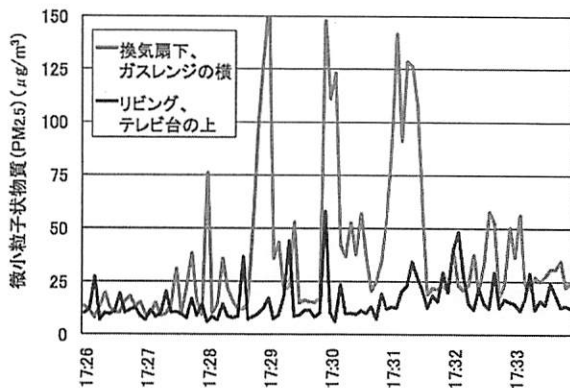


図6 台所換気扇の下で喫煙した場合のリビングの受動喫煙

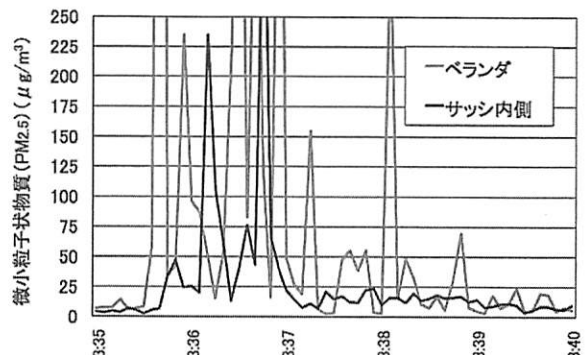


図8 ベランダでサッシを閉めて喫煙した場合の受動喫煙

②台所換気扇での喫煙

換気扇の下で喫煙している状況で、平面レーザーを当ててタバコ煙の流れを確認したところ、煙の一部はフードからはみ出していることが視認され（図5）、また、リビングのPM<sub>2.5</sub>濃度も上昇した（図6）。換気扇ですべての煙が排気されないことは、フードの真下でカレーを作っても家中にカレーの香りが拡がることから容易に理解される。

③ベランダでの喫煙

いわゆる「ホタル族」であるが、サッシのレールの

隙間から大量の煙が室内に侵入していることが平面レーザーにより視認、および、室内のPM<sub>2.5</sub>濃度の上昇により確認された（図7、8）。

④玄関先での喫煙

ドアの隙間からタバコ煙が大量に流れ込んできている様子が平面レーザーにより視認され、また、PM<sub>2.5</sub>濃度の上昇によっても確認された（図9）。

⑤呼気に吐出されるタバコ煙

喫煙により肺に充満したタバコ煙は、喫煙終了後も呼気に吐出され続ける（図10）。我々の調査では、喫煙終了後の約40呼吸に粉じん計で感知できるレベルの

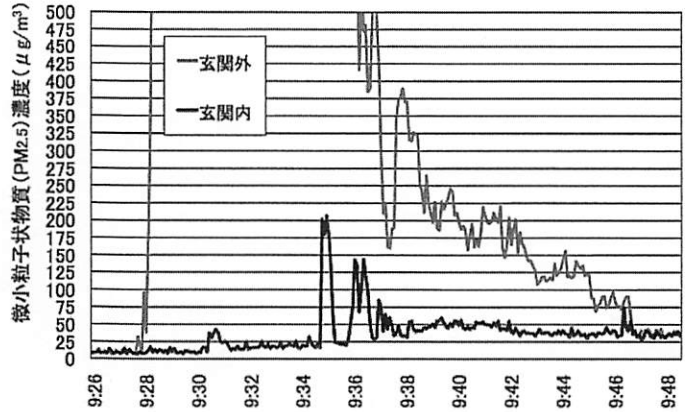
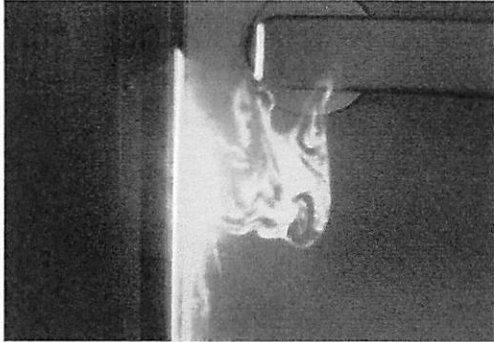


図9 玄関ドアの隙間から漏れ込んでくるタバコ煙



図10 喫煙終了後の呼気に含まれるタバコ煙

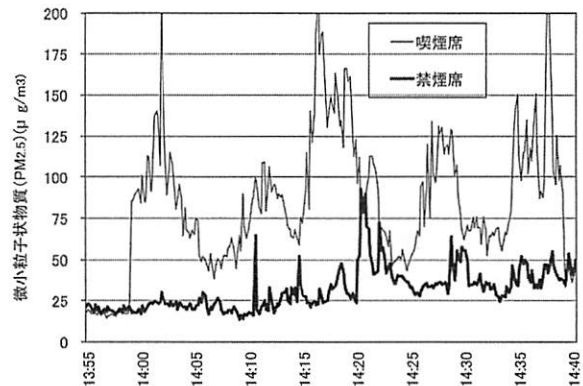


図11 ファストフード店、喫煙席から禁煙席に拡散するタバコ煙

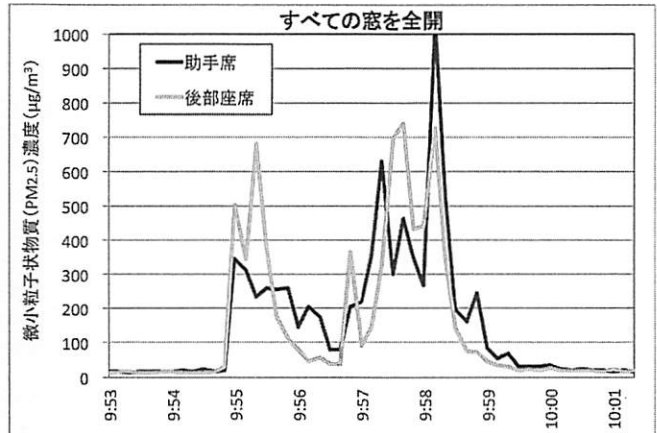


図12 車内で喫煙した場合のタバコ煙濃度の測定風景と結果

タバコ煙が含まれていた。1回の呼吸を5秒とすると、喫煙後、最低でも3～4分間は子どもの居る空間に来てはならないことを意味する。

#### ⑥ 飲食店

子ども連れで利用することが多いファストフード店では、喫煙区域と禁煙区域を設定していることが多い。しかし、喫煙席のタバコ煙はエアコンで拡散され、数

分後には店内全体が汚染された(図11)。空間が連続している限り受動喫煙を防止することは出来ない。ましてや、喫煙席に子どもを同伴することは言語道断である。

#### ⑦ 自家用車

子どもが同乗する車内で喫煙している保護者を見かけることがある。運転者が喫煙しながら市街地を走行

◇1-1) タバコ煙はPM<sub>2.5</sub>：全面禁煙化の必要性

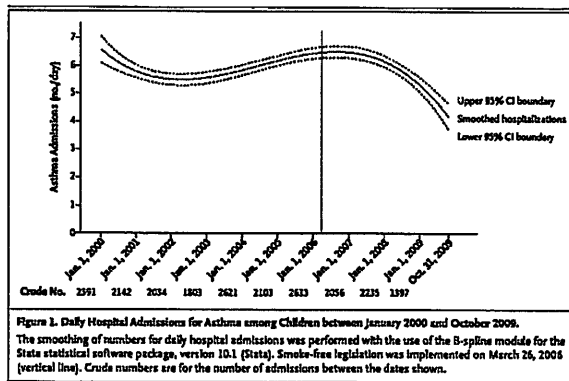


図13 スコットランド、受動喫煙防止法の施行後の小児喘息の減少

する実験を行ったところ、すべての窓を全開にしても助手席と後部座席のタバコ煙は700~1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達することが分かった(図12)。雨天などで運転席と助手席の窓を10cmしか開放しない状態で測定した場合、タバコ煙の濃度は2,500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達した。子どもを乗せた状態での喫煙は虐待に相当すると思われる。海外では、子どもが同乗している車内での喫煙を国・州の法律で禁止する動きが始まっている。

受動喫煙防止法の効果

2006年3月、スコットランドで、2007年7月からイギリス全土でレストランやパブを含むすべての職場を全面禁煙とする法律が施行された。その直後から、小児喘息による入院患者数が減少している(図13)<sup>11)</sup>。

おわりに

タバコ煙は典型的なPM<sub>2.5</sub>であり、わが国では屋外の越境汚染よりも屋内の受動喫煙の方が何倍も深刻である。治療経過の悪い気管支喘息や繰り返す中耳炎のある子どもを診察する場合、本稿で示した状況で受動喫煙に曝露されていないかどうかを確認する必要がある。子どもを受動喫煙から保護する根本的な解決策は同居する家族が全員喫煙をやめこと、かつ、タバコくさい場所に近づかないことであることを説明して欲しい。

謝辞：本稿の一部は、2011年度文部科学省科学研究費(基盤C：課題番号22592542：研究代表者 岐阜

大学 額綱朋弥)、および、2013年度厚生労働科学研究費補助金「受動喫煙の防止を進めるための効果的な行政施策のあり方に関する研究」(研究代表者 大和 浩)の助成を受けて行った。また、自家用車内の測定は、受動喫煙から子どもを守る小児科医師の会、中川常郎医師の援助を得て行った。

文 献

- 1) 東京都環境局：「微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) とは」  
[http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/air/air\\_pollution/i/PM25-photo.jpg](http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/air/air_pollution/i/PM25-photo.jpg)
- 2) Dockery DW, Pope CA 3rd, Xu X, et al. : An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *New Engl J Med* 329 : 1753-1759, 1993
- 3) US Environmental Protection Agency. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS).  
<http://www.epa.gov/air/criteria.html>
- 4) WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide-Global update 2005  
[http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)
- 5) 環境省：「微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について」  
<http://www.env.go.jp/kijun/taiki4.html>
- 6) 環境省：「微小粒子物質 (PM<sub>2.5</sub>) に関する専門家会合の報告書」  
[http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info/attach/rep\\_20130227-main.pdf](http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info/attach/rep_20130227-main.pdf)
- 7) IARC Monograph. vol 83, Tobacco Smoke and Involuntary Smoking, 77-83, 2004
- 8) 厚生労働省：「健康日本21 (第二次)」  
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kenkouippon21.html>
- 9) Katanoda K, Marugame T, Saika K, et al : Population attributable fraction of mortality associated with tobacco smoking in Japan: a pooled analysis of three large-scale cohort studies. *J Epidemiol.* 18 (6) : 251-64, 2008
- 10) International Union Against Cancer (UICC) : Protecting our children from second-hand smoke. 2008  
<http://www.uicc.org/programmes/protecting-our-children-against-second-hand-smoke>
- 11) Mackay D, Haw S, Ayres JG, et al. Smoke-free Legislation and Hospitalizations for Childhood Asthma *N Engl J Med* 363 : 1139-45, 2010