

インドにおける大気汚染の現状

在インド日本大使館 医務官
間宮規章

講演：2017年11月18日

協力：在中国日本大使館医務室
在英国日本大使館医務室

本日の内容

24 Dec 2016 @ Kohu



デリーで健康を守るための
基礎知識です

★注意★

本講演の内容は、科学的文献、新聞記事で紹介された事実、並びにそれらに基づく
医務官個人の見解で構成されておりますが、日本政府、外務省、在インド日本大使館を
代表した公式見解ではございません。

大気汚染といえは

日本のマスコミ的には

北京のPM2.5

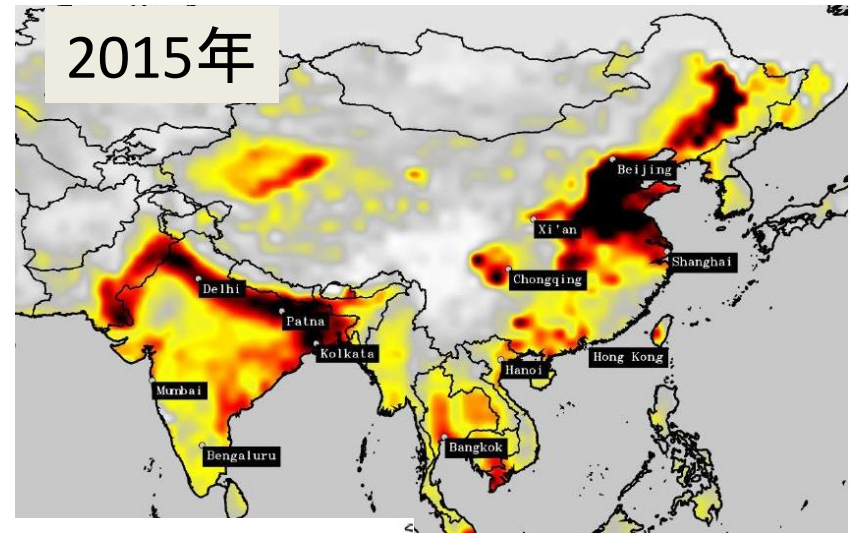
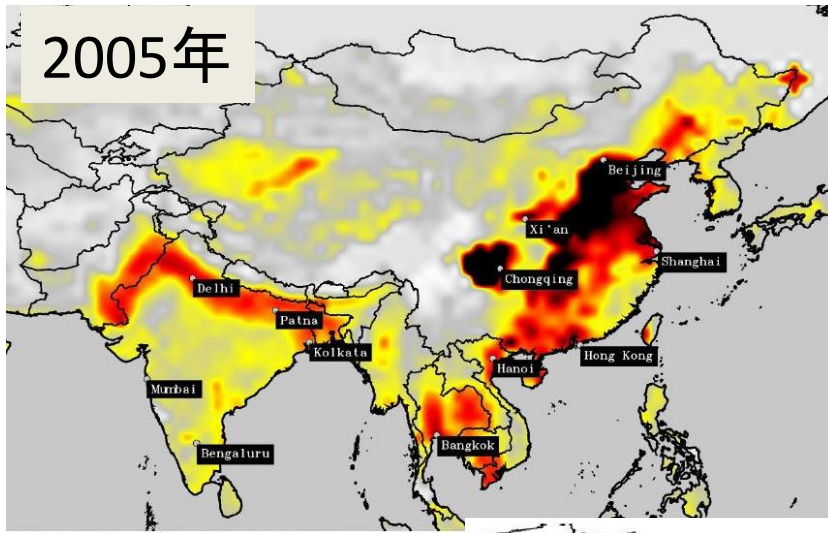


でも、実はインドも大変

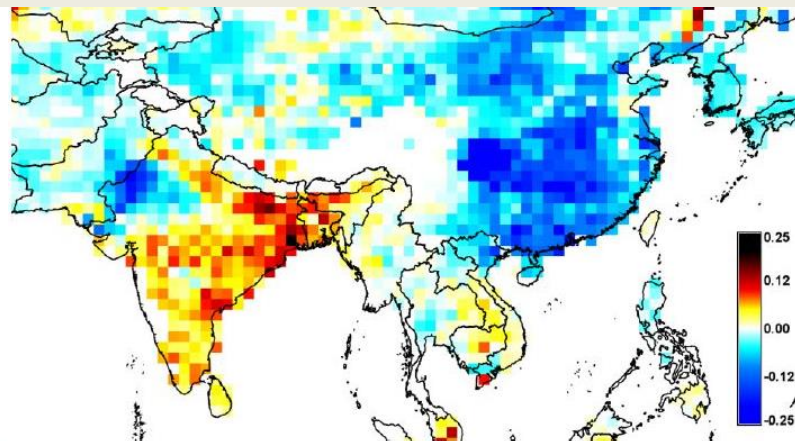


出典：<http://www.hindustantimes.com/delhi-news/delhi-pollution-affecting-mahatma-gandhi-too-mlas-put-protective-mask-on-statue/story-y5iS1WFAxuxHP0OLIB2msL.html> (2017/11/17)

インドのPM2.5は悪化している



2015-2005:データの引き算 = インドのPM2.5は悪化している

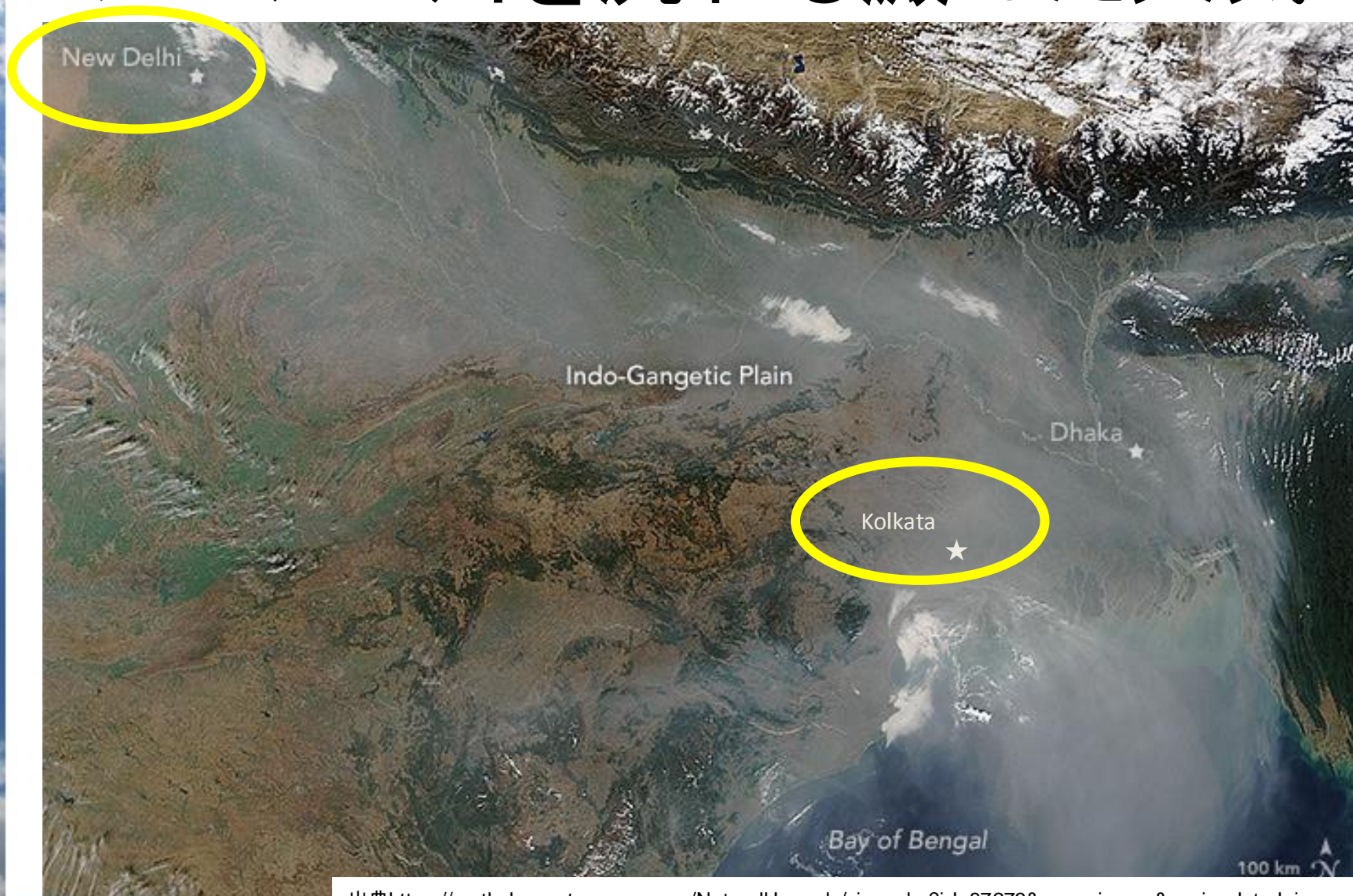


デリー
チェンナイ
コルカタ
ムンバイ
ベンガルール

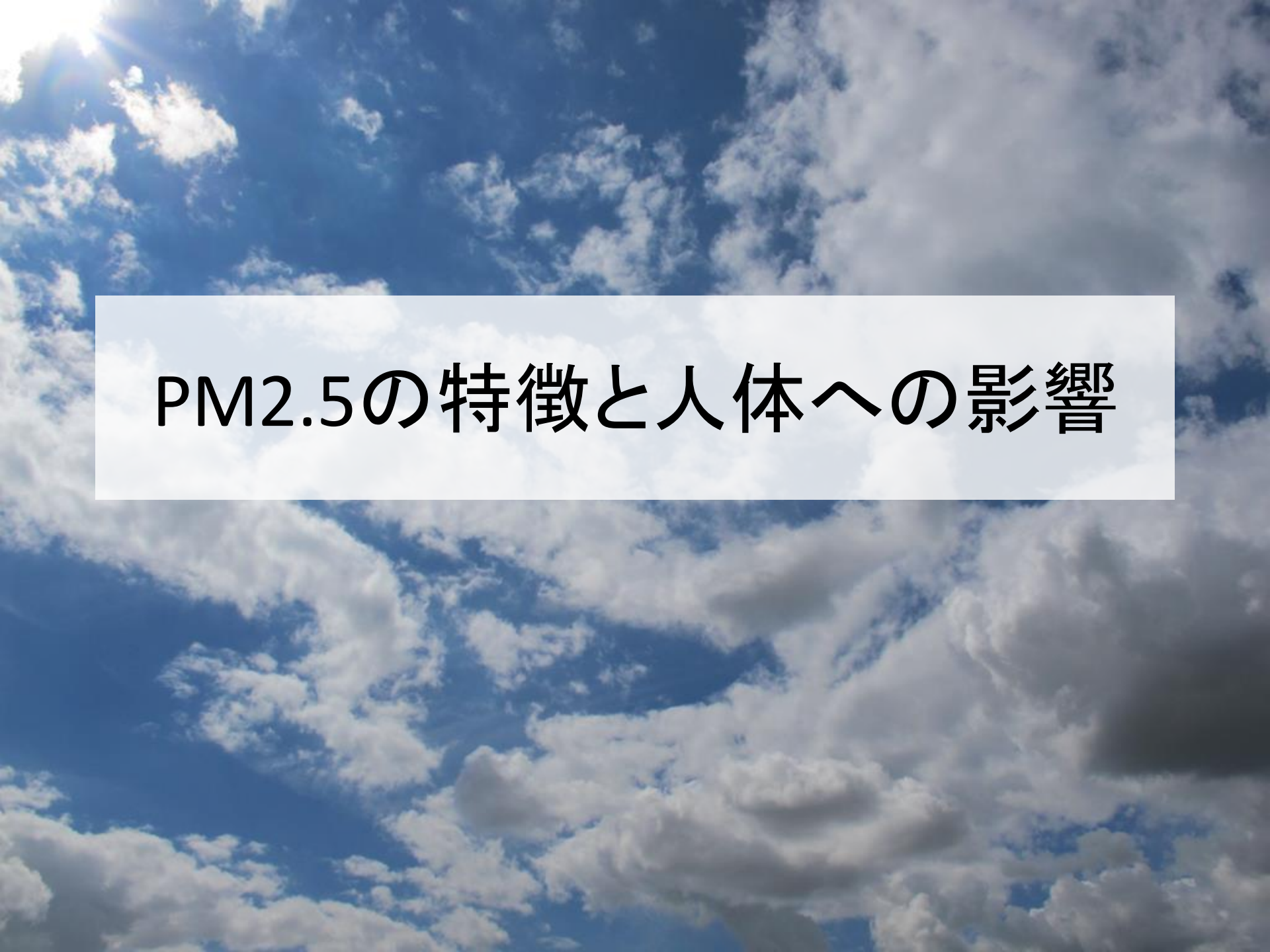
Average **PM2.5** by Aerosol Optical Depth (AOD) from the NASA MODIS Aqua satellite

出典:
<http://www.greenpeace.org/india/Global/india/2015/docs/nationalcleanairactionplan.pdf>

ガンジス川を流れる濁んだ大気



出典https://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=87273&eocn=image&eoci=related_image
On January 3, 2016 the [Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer](#) (MODIS) on NASA's [Terra](#) satellite



PM2.5の特徴と人体への影響

PM2.5 大きさ



小さいので
浮遊してい
ます。

出典：米国EPA

<http://www.gov-online.go.jp/useful/article/201303/5.html>

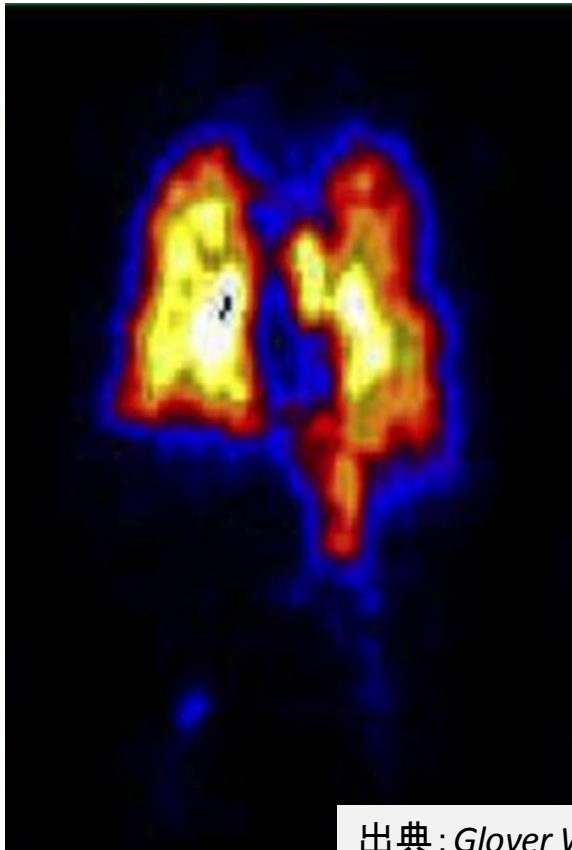
内閣府大臣官房政府広報室

Particulate Matter (粒子状物質)

PM 小さいほど肺の奥へ入る

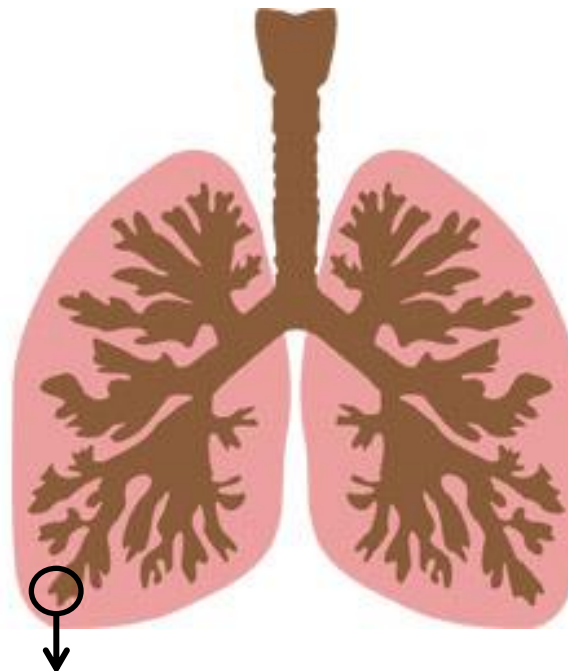
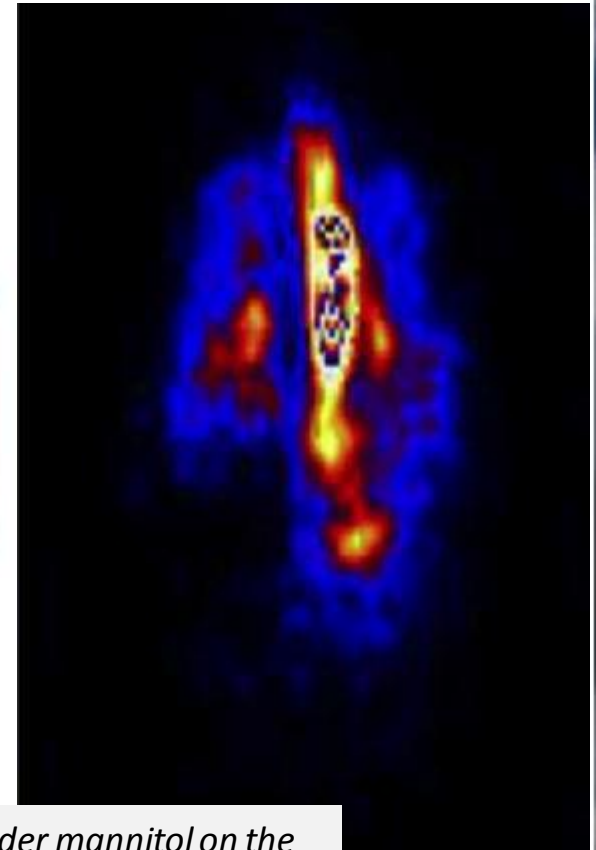
PM2.5相当

空気動態力学的粒子中央値
2.7 μm



PM2.5より大きな物質

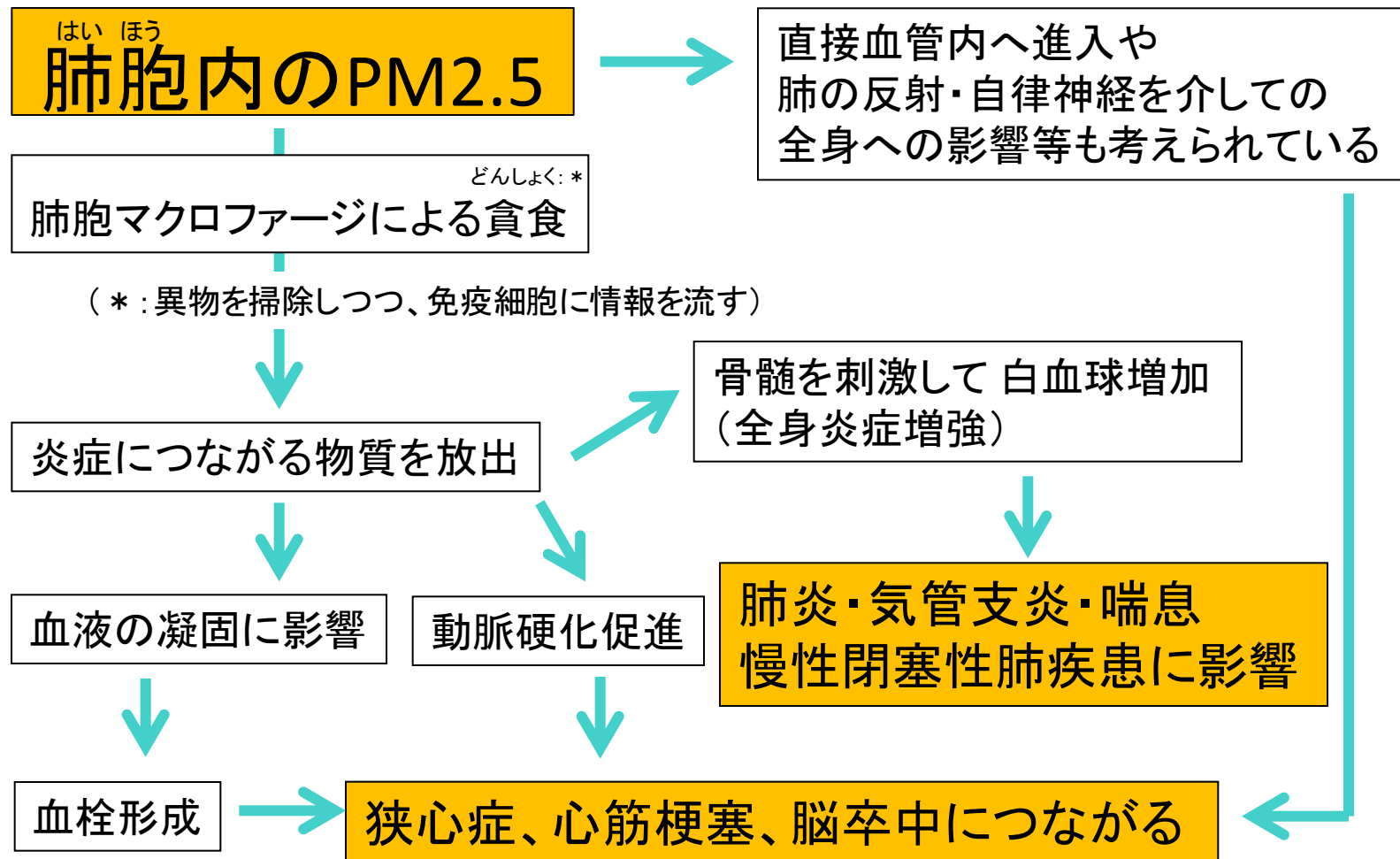
空気動態力学的粒子中央値
5.4 μm



肺の隅々の最小単位を
肺胞(はいほう)と言います
O₂,CO₂の交換の場所。

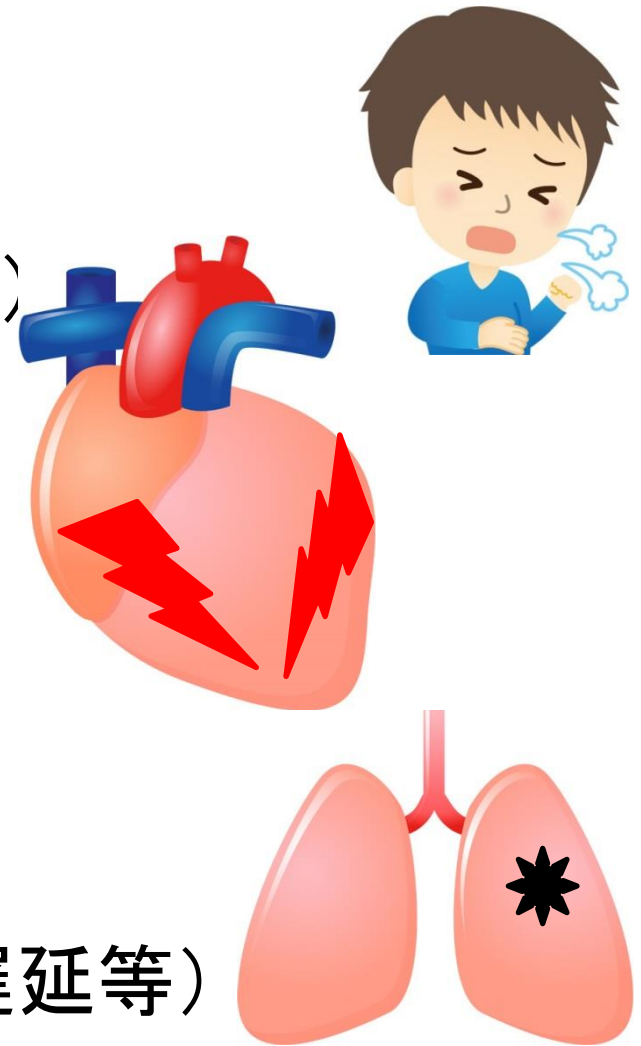
出典: Glover W, et al. Effect of particle size of dry powder mannitol on the lung deposition in healthy volunteers. Int J Pharm 2008; 349: 314-322.

肺に到達したPM_{2.5}は全身に影響を及ぼす



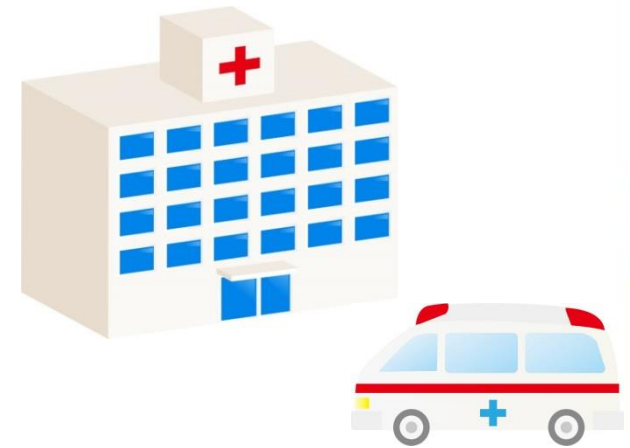
大気汚染物質による影響

- **慢性呼吸器疾患**の発症・罹患
(喘息、慢性閉塞性肺疾患など)
- **慢性心血管疾患**
- **肺がん**
- 心血管系、呼吸器疾患による
死亡が増える
- 子宮内発育の制限
(**低体重児**出産、子宮内発育遅延等)




パブリックドメイン

大気汚染物質による影響



詳しくは島教授のご講演を





インドにおける 大気汚染の健康への影響

大気汚染による健康被害@インド PM2.5 & オゾン

Choking Truth




インド主要都市に住むと寿命が縮む

PM2.5の関与する死亡例数



The Times of India Jun 7, 2016

Premature mortality in India due to PM2.5 and ozone exposure: Sachin D. Ghude et al. Geophysical Research Letter 2016



デリーにおけるPM

微粒子状物質PM10, PM2.5の構成

冬

固形ゴミの焼却

農業廃棄物の焼却

車の排ガス

WHAT IS HURTING YOU IN WINTER

9% Municipal solid waste burning
25-30% Secondary particles



17-26% Biomass burning
20-25% Vehicles

夏

石炭・浮遊灰

土・埃

二次性粒子：
化学反応等で
大気中から出てきた
微粒子

WHAT IS HURTING YOU IN SUMMER

7-8% MSW burning
25-37% Coal/fly ash



6-9% Vehicles
7-12% Biomass burning
10-15% Secondary particles

インドにおけるPMの主な発生要因

●工場・火力発電の排煙

石炭利用, 電力需要の増加

●生物燃料(薪炭材、牛糞など)の使用

非効率な燃焼⇒PMがより多く発生

●花火

●農業廃棄物の焼却(5万km²以上)

収穫後の稲・麦わら・切株等

●粉じん

工事現場, 道路上の車両通行

●自動車の排ガス

車両台数の増加, 交通渋滞

旧型車の使用

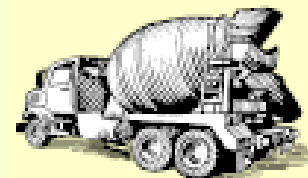


通年

冬

秋

夏



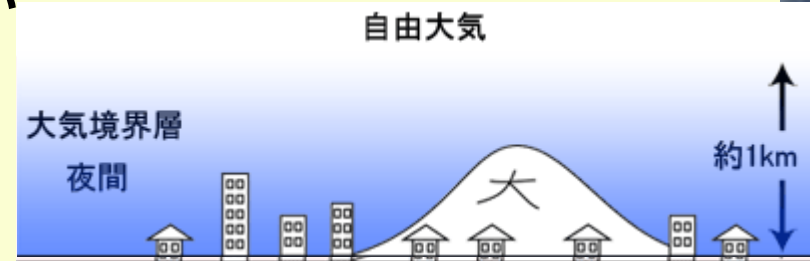
通年

デリーで冬期に大気汚染が 顕著となる要因

● 気温の低下

大気境界層(汚染物質が閉じ込められる層)が薄くなる
上昇気流による対流が発生しにくい
⇒汚染物質が地表付近に滞留

特に夜間から明け方



<http://www.gaia.h.kyoto-u.ac.jp/~fractal/detail/12.html>

● 農業廃棄物の焼却(5万km²以上)

季節風によって近隣州より越境汚染。

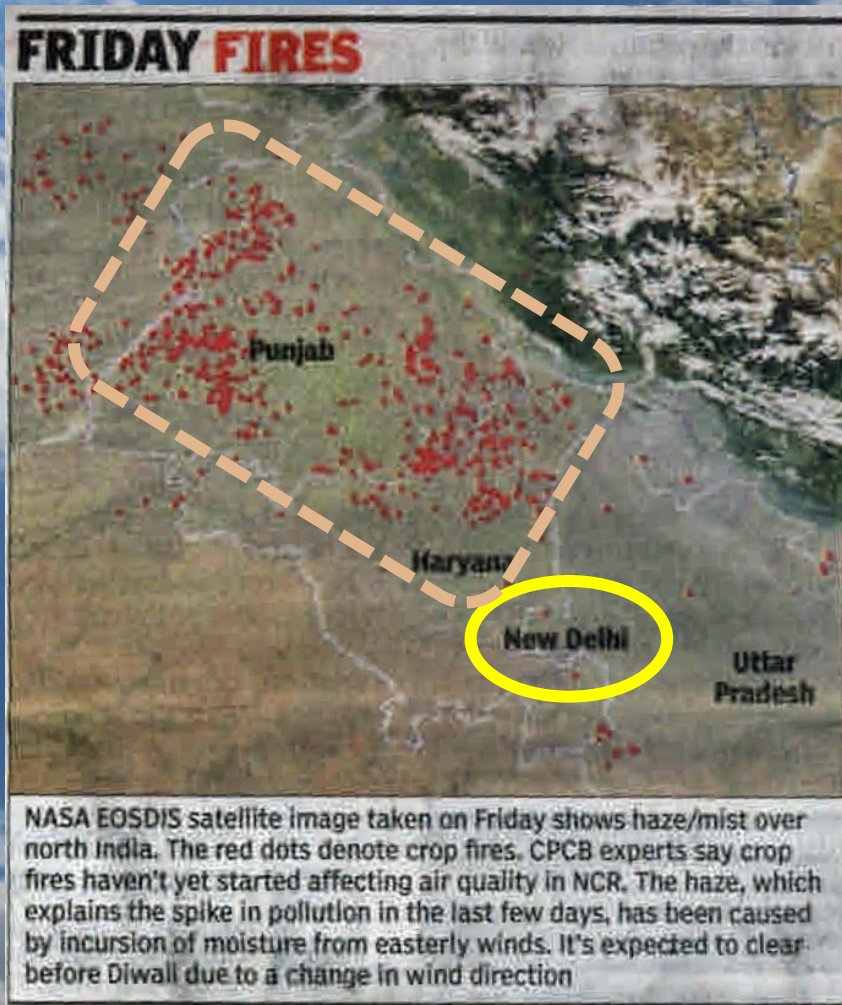
● 内陸に位置している

海風の影響を受けず, 汚染物質が滞留しやすい。

● 降水量の減少

大気中及び地表面の汚染物質が洗われない。

畑の切株焼き



20171015 Times of India

約5万km² > 九州の面積4.45万km²

3 Apart from crop burning, wind patterns also contribute to the worsening air quality. On most days of October so far, winds have been blowing from north to southeast, bring haze and toxins into Delhi. On October 9, though, the wind pattern changed to southwest, which meant bad air flowing to India's western borders, momentarily



20171010 Times of India



大気汚染の見方

大気汚染物質

- 粒子状物質： PM10, PM2.5, PM0.1
- ガス： NO_x(窒素酸化物)
SO_x(硫黄酸化物)
CO(一酸化炭素)
O₃(オゾン)

その他 有害大気汚染物質248種類

汚染物質の数値はネットで確認

- ①インド地球科学省 大気質気象予測システム (SAFAR)

PM2.5, PM10の測定値と1,2日後の予測

<http://safar.tropmet.res.in/>

- ②デリー準州政府汚染制御委員会 (DPCC)

デリー市内6カ所の各種汚染物質の過去7日間のデータ

<http://www.dpccairdata.com/dpccairdata/display/>

- ③米国大使館・総領事館

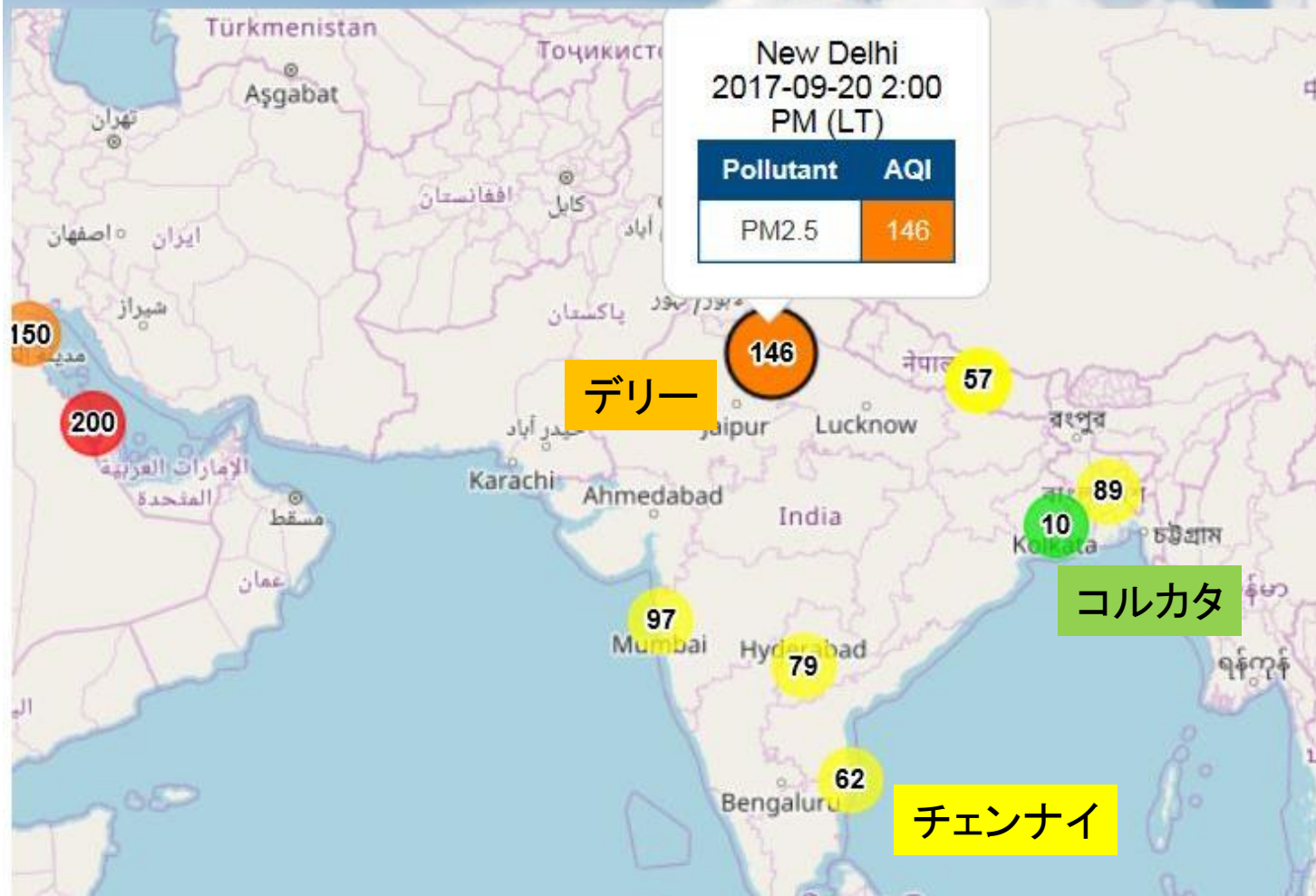
PM2.5, PM10の通年のデータ

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

例：米国大使館・総領事館のデータ



AirNow Department of State



例：米国大使館・総領事館のデータ

← → ↻ ⓘ clonewdelhi.com/custom/AQI/missionindiaaqi.php#



Mission India

New Delhi

Posts

New Delhi

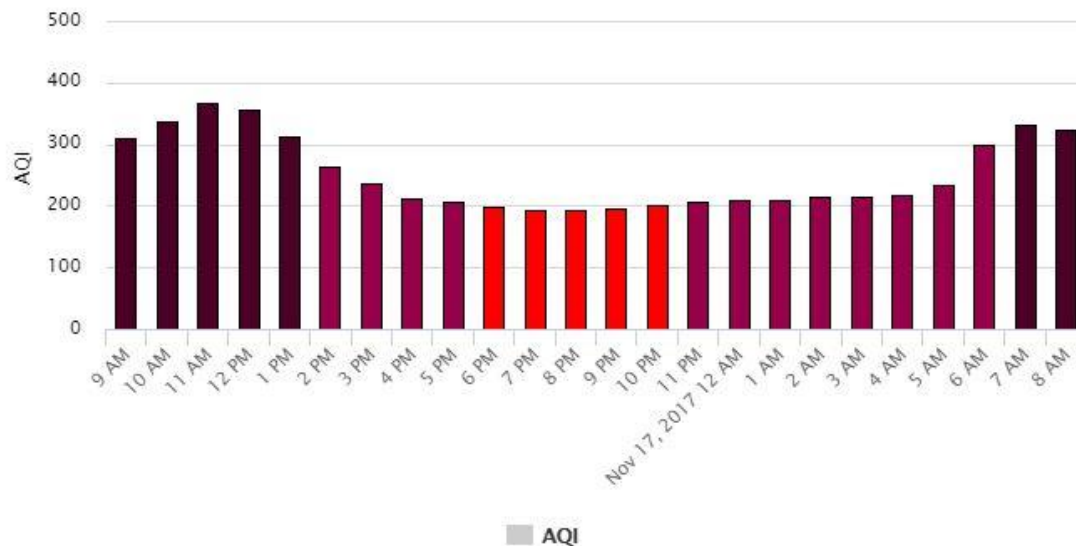
Mumbai

Hyderabad

Chennai

Kolkata

New Delhi – PM2.5



Current Conditions
observed at
Nov 17, 2017 8:00 AM (LT)

323 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 Beyond the AQI. Follow recommendations for the Hazardous category. Additional

汚染物質はいろいろある

そんな中で、分かり易いのは
AQI(大気質指数)

AQI 便利な総合指数

- 大気質指数 (AQI):

PM10, PM2.5, 窒素酸化物, 硫黄酸化物, オゾン
& 一酸化炭素

⇒6つの汚染物質の測定値から、指標となる数値を算出し、一番大きな指数を代表値として色分けで警告するもの。

具体的には



大気質指標 AQI(米国環境保護庁)

各汚染物質の濃度と指数の関係^[3]

指数	濃度						
	オゾン 8時間値 [ppm]	オゾン 1時間値*1 [ppm]	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	一酸化炭素 [ppm]	二酸化硫黄 [ppm]	二酸化窒素 [ppm]
0 - 50	0.000 - 0.059	-	0 - 54	0.0 - 15.4	0.0 - 4.4	0.000 - 0.034	*2
51 - 100	0.060 - 0.075	-	55 - 154	15.5 - 40.4	4.5 - 9.4	0.035 - 0.144	*2
101 - 150	0.076 - 0.095	0.125 - 0.164	155 - 254	40.5 - 65.4	9.5 - 12.4	0.145 - 0.224	*2
151 - 200	0.096 - 0.115	0.165 - 0.204	255 - 354	65.5 - 150.4	12.5 - 15.4	0.225 - 0.304	*2
201 - 300	0.116 - 0.374	0.205 - 0.404	355 - 424	150.5 - 250.4	15.5 - 30.4	0.305 - 0.604	0.65 - 1.24
301 - 400	*3	0.405 - 0.504	425 - 504	250.5 - 350.4	30.5 - 40.4	0.605 - 0.804	1.25 - 1.64
401 - 500	*3	0.505 - 0.604	505 - 604	350.5 - 500.4	40.5 - 50.4	0.805 - 1.004	1.65 - 2.04

- 1: オゾンは普通8時間値を用いるが、地点により1時間値を用いる場所があり、この場合8時間値・1時間値ともに算出してより高い値をオゾンのAQIとする。
- 2: アメリカでは二酸化窒素の短時間の環境基準はない。そのため、AQIは201以上の高濃度の場合のみ算出する。
- 3: オゾン8時間値はAQI301以上を定義していない。この濃度では原則として1時間値を用いる。

上の表を参照しながら、以下のように算出する^[4]。

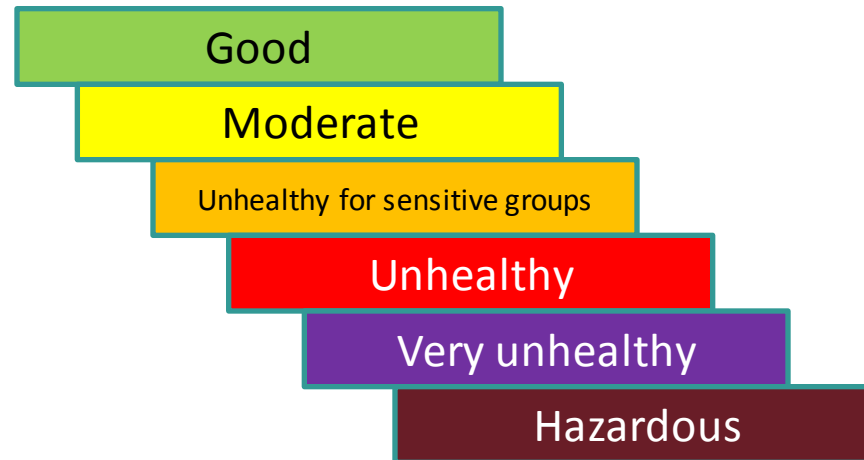
$$\frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}}(C - C_{low}) + I_{low} = AQI$$

Cは観測濃度または予測濃度、

※ wikipediaより

AQI 大気質指数

6種類の汚染物質の濃度による危険性を
代表した数字と色で表示



AQI

- アメリカの米国環境保護庁 (Environmental Protection Agency: EPA) が定めている大気汚染の指標
- PM_{2.5}濃度などのような濃度の指標ではなく、指数として算出されている。
- 日本のPM_{2.5}の基準濃度の35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ は、AQI 100程度となる。

色	指数	PM2.5濃度 上: 米国 下: 中国 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	指数の識別 (中国/日本)	健康影響(米国環境保護庁による)
緑	0 -	0-12 0-35	優 - Good	通常の活動が可能
黄	51 -	12-35 35-75	良 - Moderate	特に敏感な者は、長時間又は激しい屋外活動の減少を検討
橙	101 -	35-55 75-115	軽微汚染 - Unhealthy for Sensitive Groups	心臓・肺疾患患者、高齢者及び子供は、長時間又は激しい屋外活動を減少
赤	151 -	55-150 115-150	軽度汚染 - Unhealthy	上記の者は、長時間又は激しい屋外活動を中止 すべての者は、長時間又は激しい屋外活動を減少
紫	201 -	150-250 150-250	中度汚染 - Very Unhealthy	上記の者は、すべての屋外活動を中止 すべての者は、長時間又は激しい屋外活動を中止
栗	301 -	250-500 250-500	重汚染 - Hazardous	上記の者は、屋内に留まり、体力消費を避ける すべての者は、屋外活動を中止

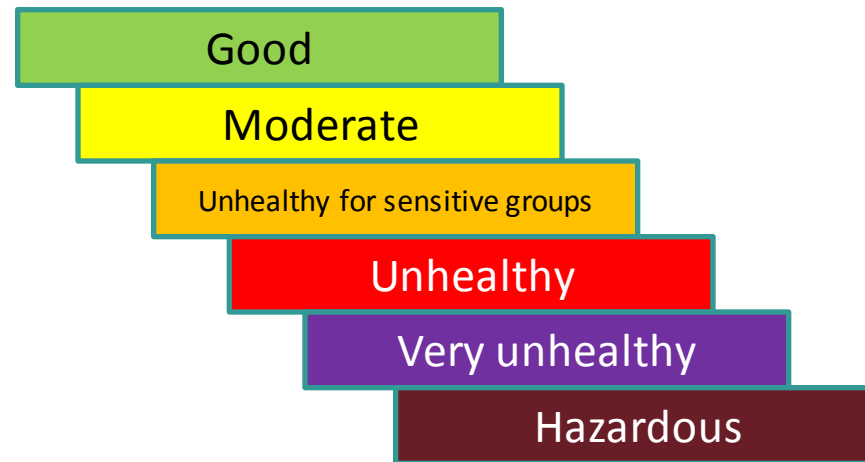
AQIはPM_{2.5}のみでなく、様々な大気汚染物質毎に基準がある 在中国日本国大使館HPを参考に作成

PM10, PM2.5の基準値

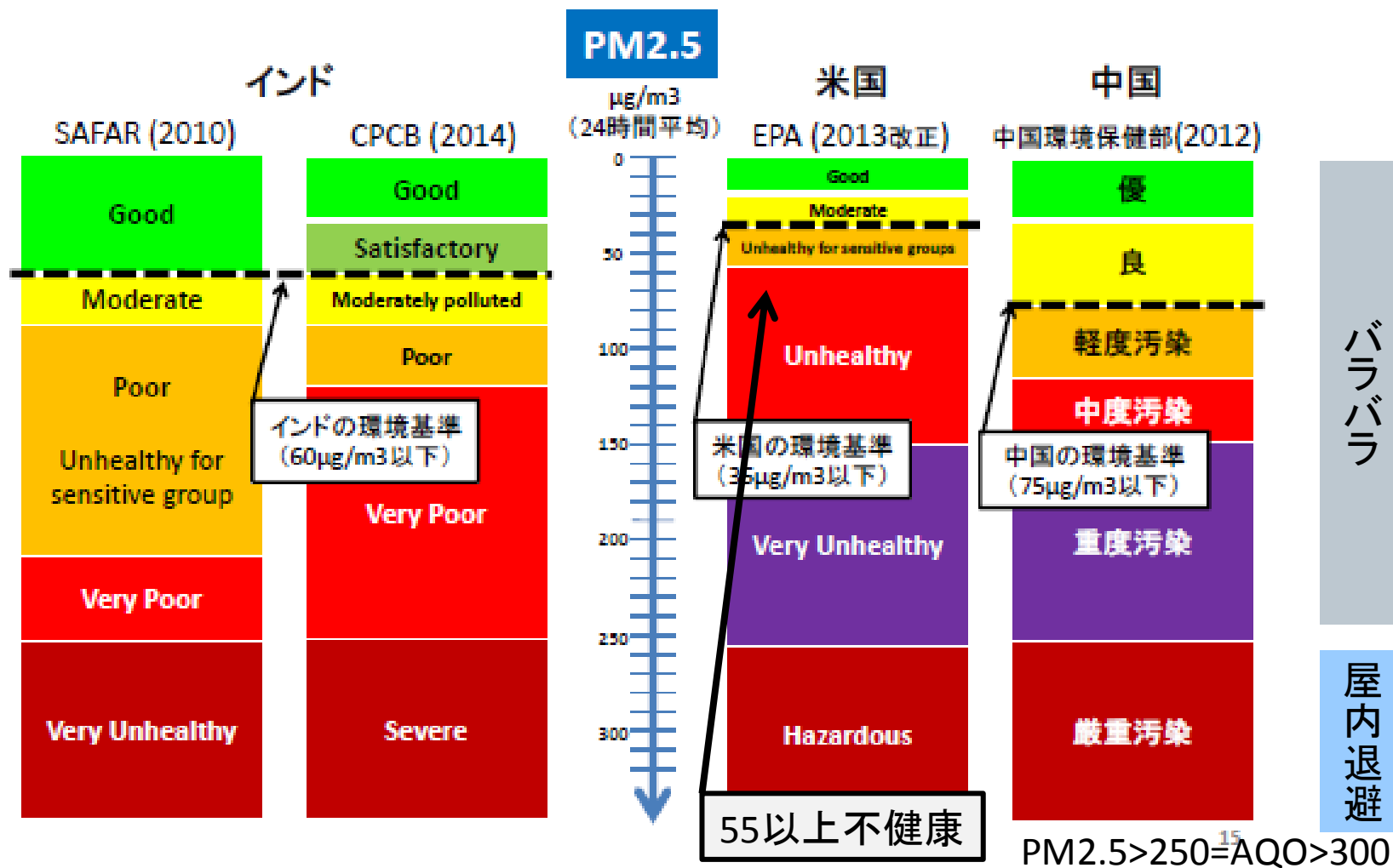
基準					
汚染物質		インド基準	WHO指針	日本基準	中国
		(NAAQS 2009)	(ACGb 2006)	(環境基準 2009)	(2012)
PM 10	年平均	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	—	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	日平均	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SPM)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM 2.5	年平均	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	日平均	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

AQI(大気質指数)

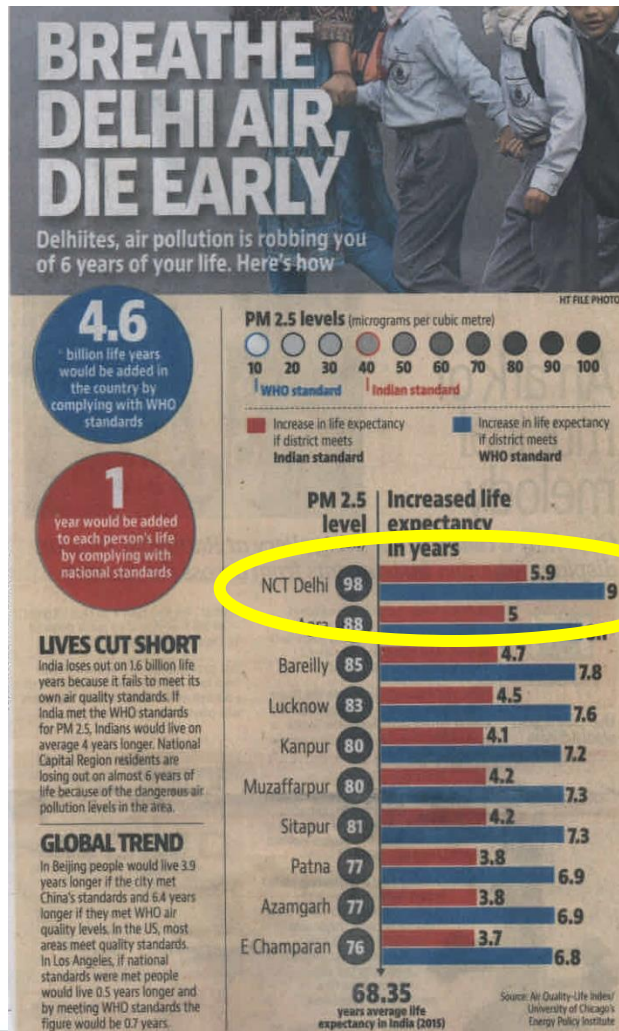
しかし、色分け(基準)は、国によって異なる



各国の大気質指数 (AQI) — PM2.5 —



でも インド人が頑丈なわけではない



デリーのPM2.5=98(年平均)
インド基準 (PM2.5 < 40)
を達成すれば、寿命は
5.9年延びる

WHO基準 (PM2.5 < 10)を
達成すれば、寿命は9年
延びる

AQI(大気質指数)

具体例を見てみましょう

デリーの大気質 (Air Quality Index)

有害物質のうち
PM2.5 642
PM10 999
が問題

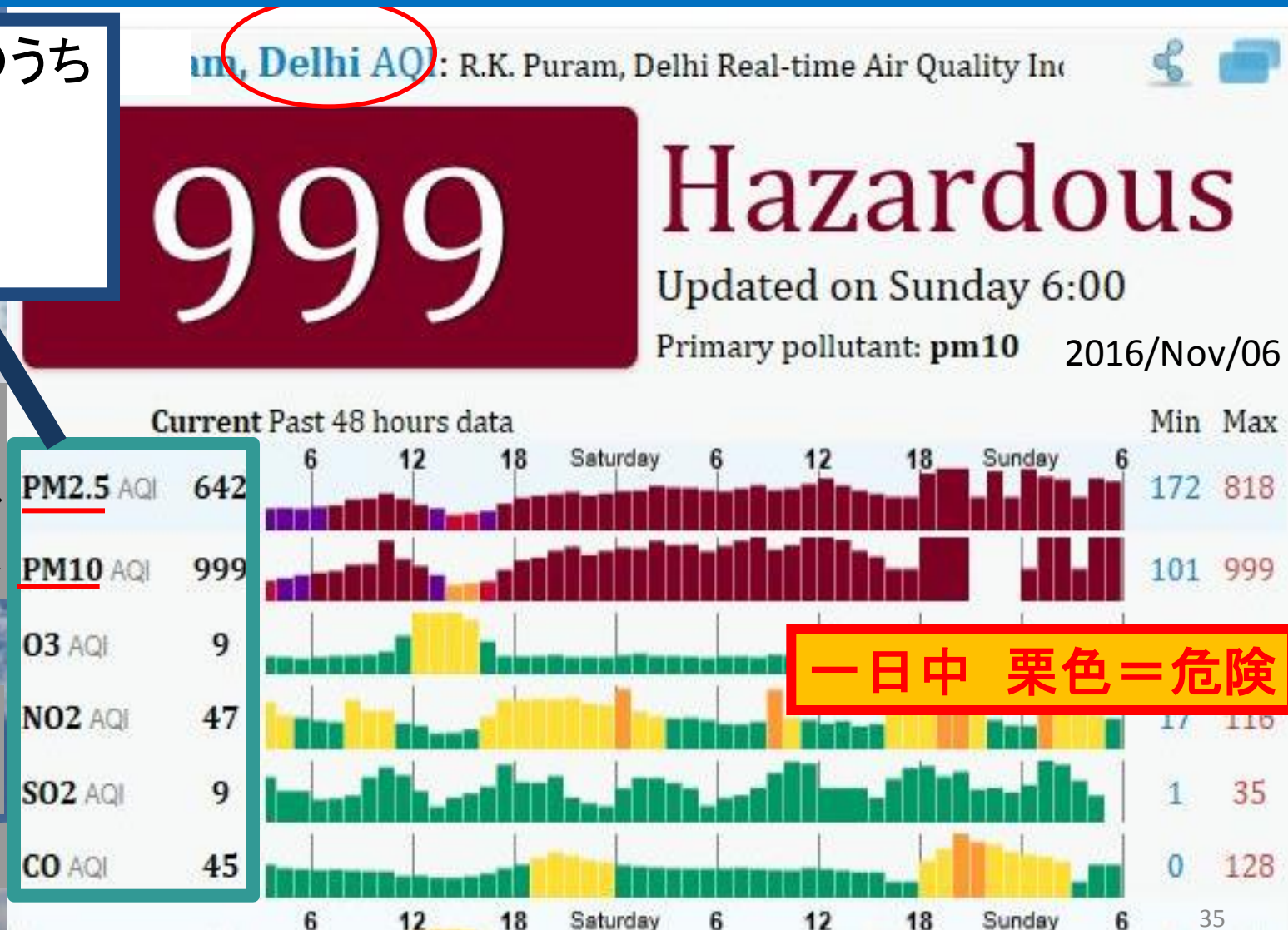
微粒子状物質を
直径で分類
2.5ミクロン以下⇒
10ミクロン以下⇒

オゾン

二酸化窒素

二酸化硫黄

一酸化炭素



インド主要都市における AQI日平均値の年間変化(2015年)

冬のデリーは、平均値でも危険域

デリー

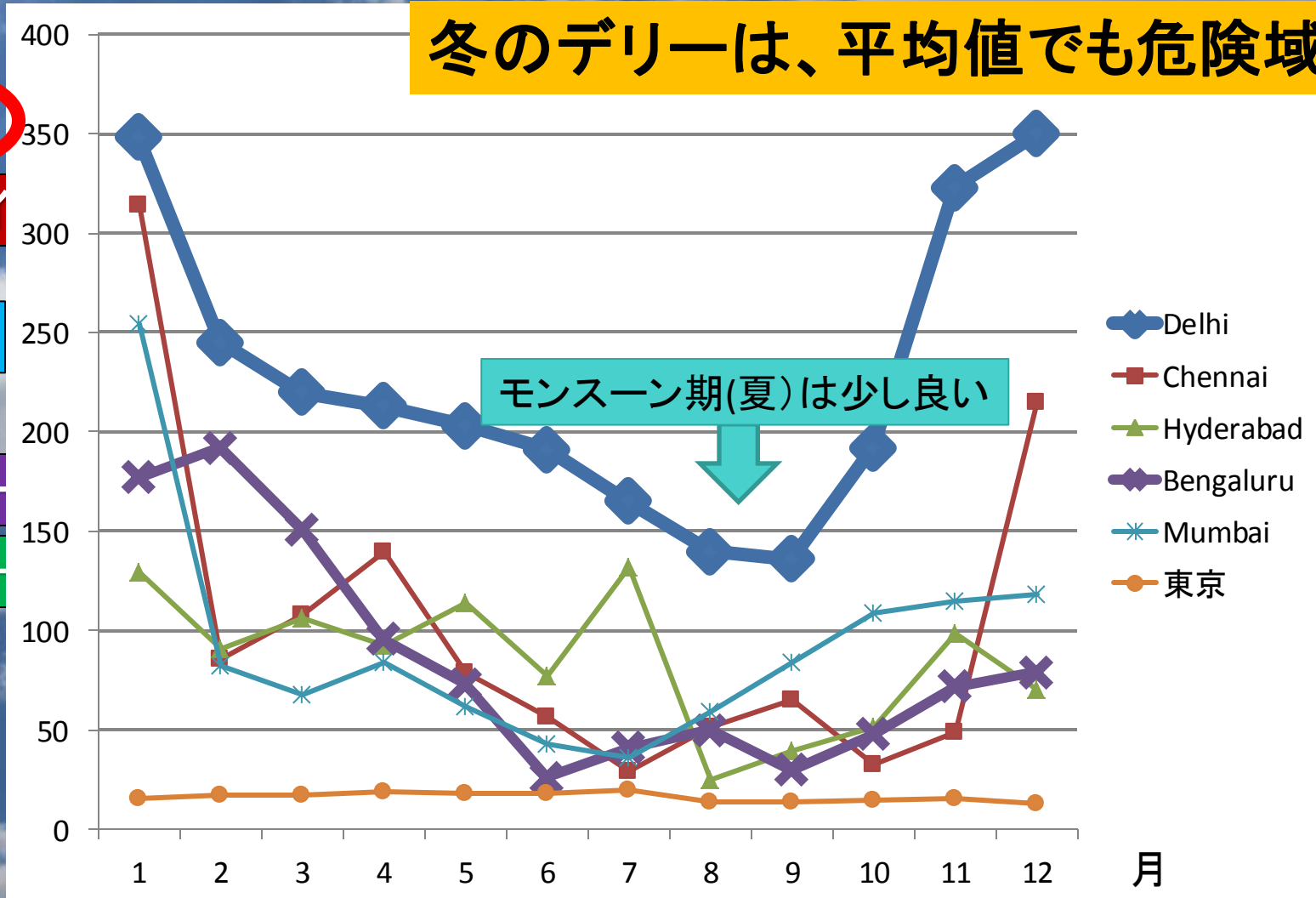
チェンナイ

ムンバイ

ベンガルル

ハイデラバール

東京









大気汚染

どのように対応していくか？

今年の決まりごと (2017)

HOW THE GOVT WILL WORK TO CURB BAD AIR

Graded Response Action Plan (GRAP) will be put in place from today and will be in force until February-end, 2018. People would be made aware about this through mass media

CATEGORY	ACTION PLAN
<p>Moderate to Poor</p> <p>PM2.5 – 61-120 µg/m³ PM10 – 101-350 µg/m³</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Stop garbage burning, impose heavy fines ▶ Enforce pollution regulations in all industries ▶ Do periodic mechanised road sweeping ▶ Stop plying of visibly polluting vehicles ▶ Enforce SC order on diversion, ban on crackers ▶ Ensure fly ash ponds are watered every alternate day from Mar – May ▶ Use apps to inform people and register complaints 
<p>Very Poor</p> <p>PM2.5 – 121-250 µg/m³ PM10 – 351-430 µg/m³</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Stop use of diesel gensets ▶ Enhance parking fee by 3-4 times ▶ Increase bus and Metro services ▶ Stop use of coal/firewood in hotels and restaurants ▶ RWAs to provide electric heaters to security staff to stop bonfires ▶ Issue media alerts and advisories  
<p>Severe</p> <p>PM2.5 – 250 µg/m³ PM10 – 430 µg/m³</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Close hot mix plants, stone crushers ▶ Shut down Badarpur power plant and maximise generation from natural gas-based plants ▶ Intensify public transport ▶ Mechanised cleaning of road and sprinkling of water 
<p>Emergency</p> <p>PM2.5 – 300 µg/m³ PM10 – 500 µg/m³ (persist for 48 hours or more)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Stop entry of trucks except those carrying essential commodities ▶ Stop construction ▶ Introduce odd-even scheme without exemptions ▶ Task Force to decide on additional steps  

ゴミ焼き禁止

定期道路清掃

クラッカー禁止

ディーゼル発電禁止

バス・地下鉄利用

石炭・薪使用禁止

石炭火力発電停止

公共交通の強化

道路清掃

トラック進入中止

工事の中止

ナンバー規制

我々の大気汚染対策

● センシティブな人は注意

オゾン: 肺疾患(呼吸器疾患)を持つ人、子供、
高齢者、屋外で運動をする人

粒子状物質 (PM10, PM2.5):

肺疾患や心疾患を持つ人、子供、高齢者

一酸化炭素: 心疾患を持つ人

二酸化硫黄: 喘息を持つ人



出典 The Times of India 2016/10/18

● 大気汚染の顕著な時期(特に冬季: 11月~1月)

には、不要不急の**外出を避ける**。

● 最新のAQIなどの**情報を把握**しておく。

● 交通量の多い場所は、特に避ける。

● 外出時の**N95マスク等**の着用。(見た目より健康)


我々の大気汚染対策

- 住宅選定：交通量の多い幹線道路から50m以上離れている方が安全。



出典 The Times of India 2016/10/18

- 室内での**持続的な空気清浄機**の使用、適宜、吸気孔などの清掃・メンテナンスをおこなう。
- 目張り：ドアや窓の隙間をふさぐ。
(一方で、適切な換気は短時間行う方がよい)
- 呼吸器，循環器に基礎疾患があれば，日本にいるときより体調管理に注意する。



マスクの話

N95マスクって？

0.3 μm 以上の微粒子(0.1-0.3)を
95%以上除去できる性能

出典 Wikipedia




インフルエンザウイルス(0.1 μm)は
おおむね防ぐが、100%ではない。

マスク装着時の注意

- ①顔面とマスクの間に隙間ができないようにする
(特に鼻、顎の部分が隙間ができやすい)
- ②ヒモが緩まないようにする
- ③顔のサイズにあったものを使用する(子供は子供用)
- ④着用後、空気が漏れる部分がないか確認する
- ⑤苦しいなどの理由でつけないことは危険
- ⑥使いすてのものを何度も使用しない





頭の体操

この写真の問題点は？

10月25日朝7時 散歩の風景

AQI 341 (300以上は危険)



① インドの人はあまりマスクをしません

よい子は真似をしてはいけません

10月25日朝7時 散歩の風景

AQI 341 (危険=屋内退避)

写真がぼやけているのは大気汚染のせいです。

② 実は朝の空気はキレイではありません

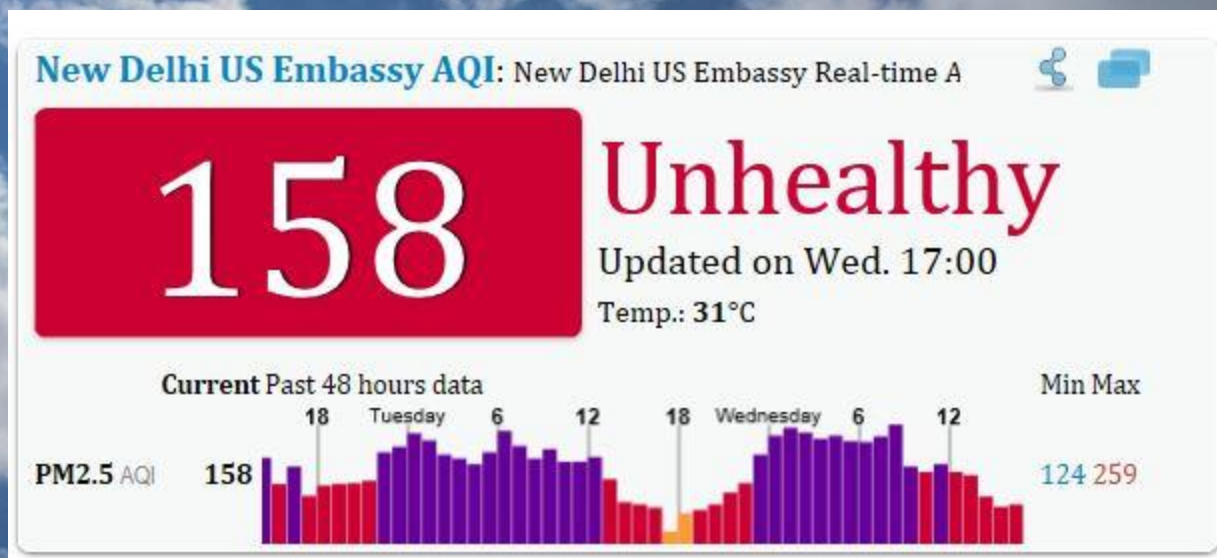


10月25日朝7時 散歩の風景

AQI 341 (危険＝屋内退避)

写真がぼやけているのは大気汚染のせいです。

AQI(PM)は夜間から朝に高値



散歩は夕方
朝の散歩は、是非ともマスク着用
通勤・通学も、特に朝はマスク(車内も)

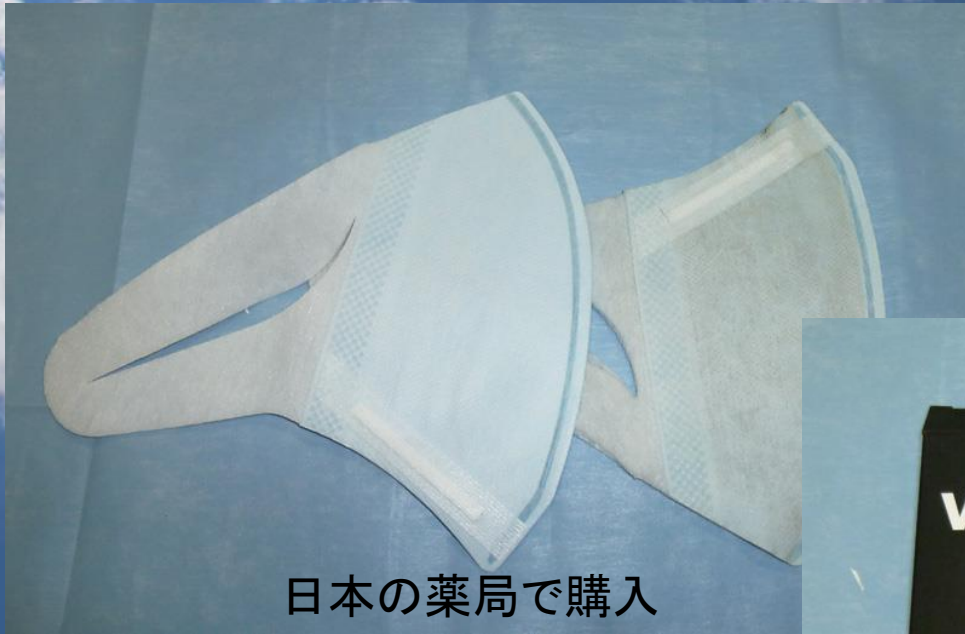
この緑地帯でマスクを使用してみました



10

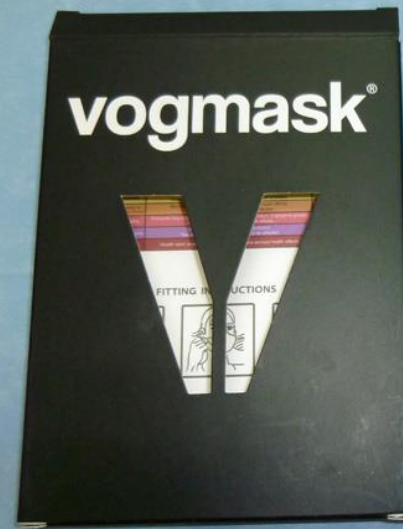
月

マスク したほうがよい



日本の薬局で購入

N99 Amazon India Rs.2000



マスク 入手しましょう



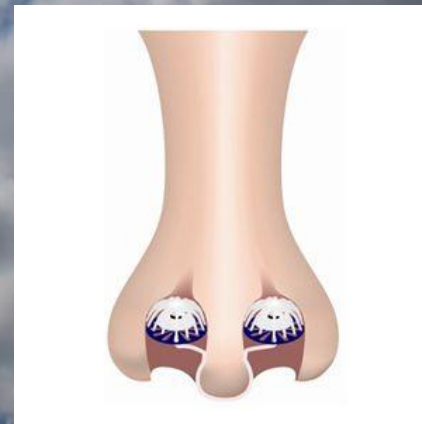
日本の通販 110-150円
インド 大量買いならRs.65
薬局との交渉



日本の通販 約180円
市内の薬局 Rs.195




市内の薬局 Rs.60



マスクをしましょう





目張りの話

家庭での大気汚染対策 ドアや窓の隙間をふさぐ

一般的にインドの住宅は日本より隙間が多い。



ガムテープで
目張りをする



ドアの隙間をタオルや
新聞紙でふさぐ

ゴム製のドアの隙間を
ふさぐパーツも便利。

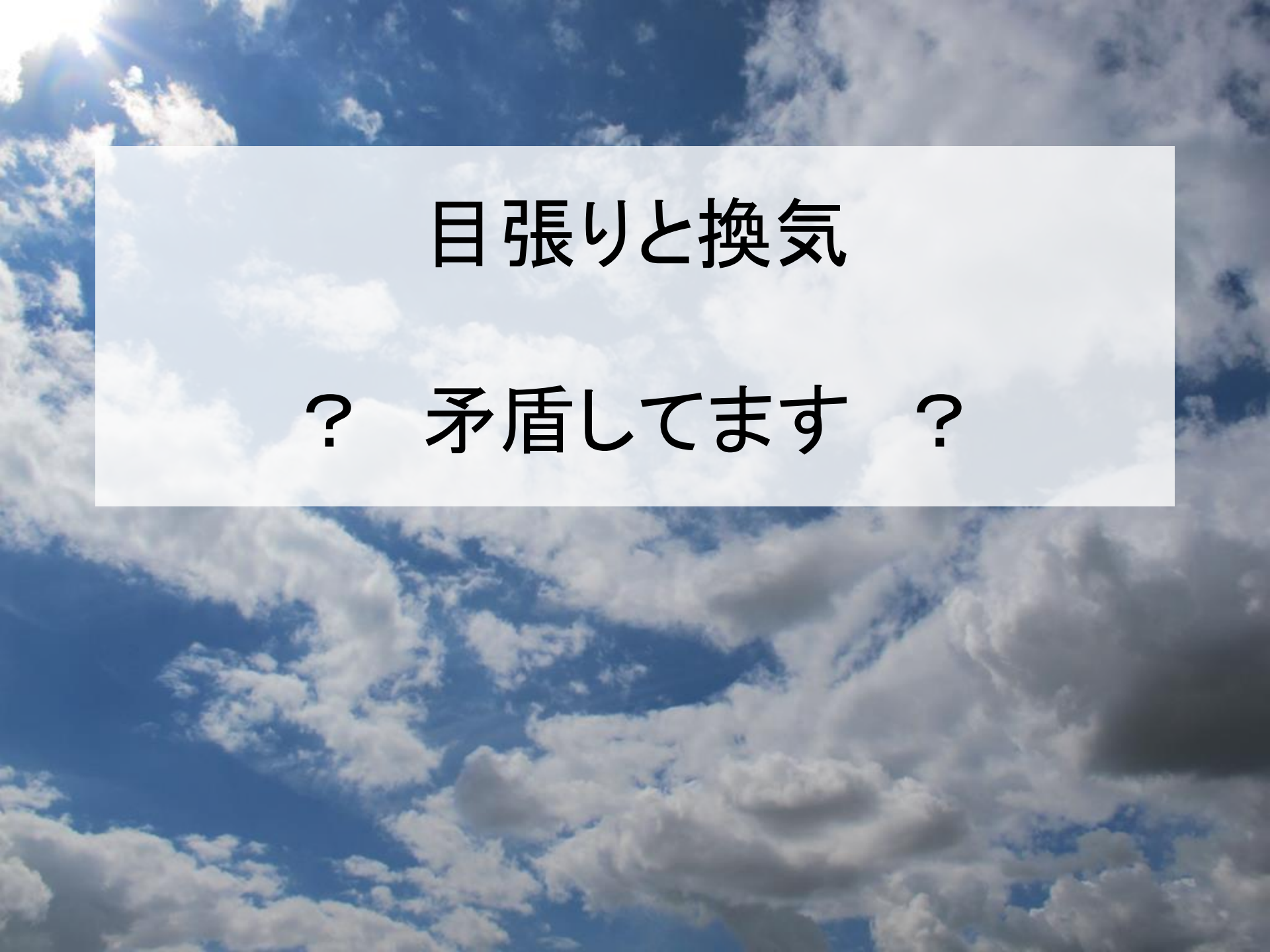
家庭での大気汚染対策 ドアや窓の隙間をふさぐ

すきまテープで目張りをする



しかし、時には短時間の換気も必要！

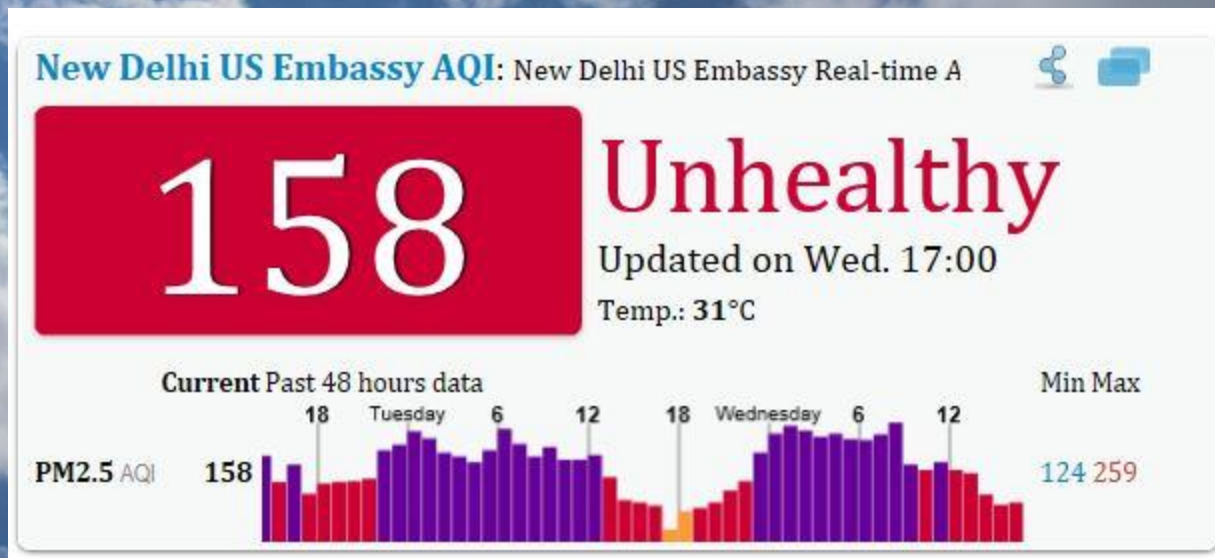
台所：ガスの不完全燃焼⇒一酸化炭素中毒に注意



目張りと換気

？ 矛盾しています ？

思い出しましょう この棒グラフ



酷いながらも 午後が比較的良い？
AQIを確認しながら換気のタイミングを
はかりましょう

Why you're at greater risk than you think

Study highlights that even with an air purifier, CO2 levels can touch up to 2,000 ppm indoors



Air purifiers work with stale air and don't solve the problem of CO2 build-up. The study suggests the use of indoor plants that give oxygen at night as well



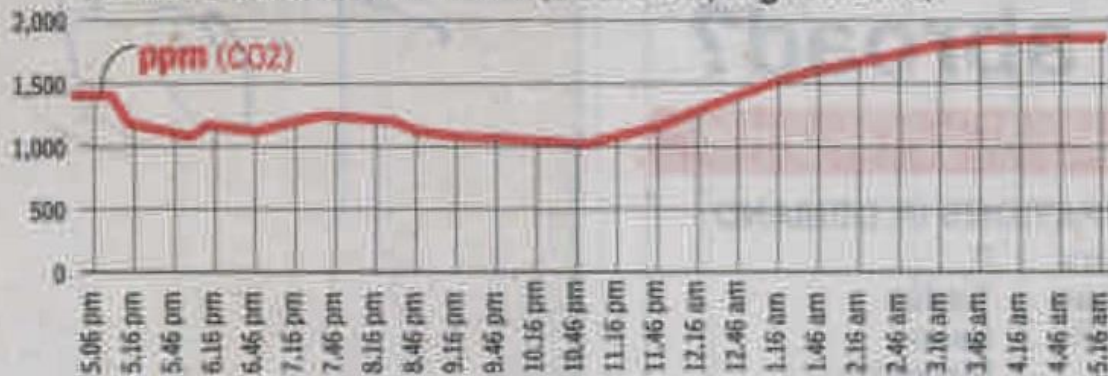
Major indoor pollutants
CO2, PM2.5, VOCs & biological pollutants

Pollutant sources
Kitchen, cleaning activities, furnishings, leakage from ambient air and human activities

Lowest pollution
Late afternoons (3pm-6pm)

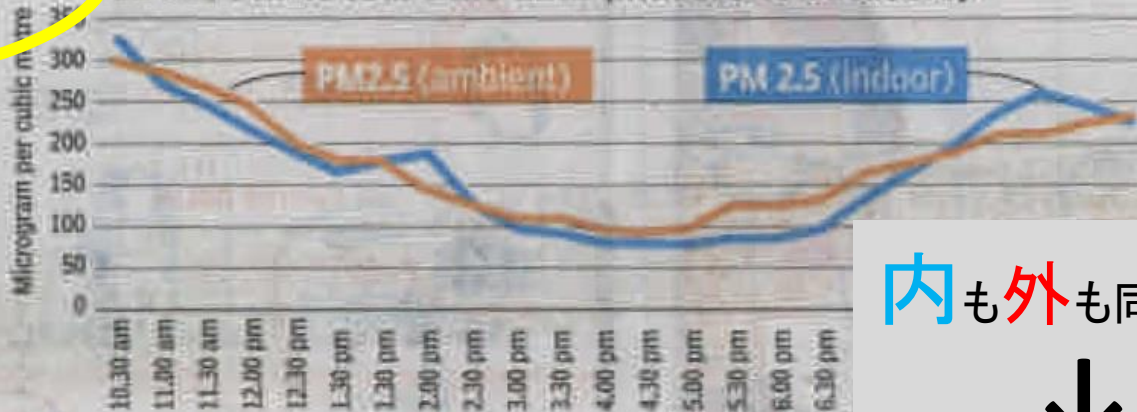
Peak pollution
9pm-12am, 6am-9am

12-hrs CO2 real-time data (bedroom, night hours)



Recorded in New Delhi on 28th & 29th April 2017 in a 3bHK (tightly sealed) Only one occupant in the bedroom

12-hrs PM2.5 real-time data (indoors vs outdoors)



Recorded in New Delhi on Nov. 17, 2016, in a 3-BHK house

午後
A
は

内も外も同じ??
↓

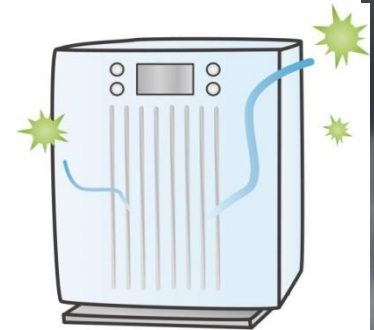
一部屋・一台
空気清浄機

十日張り

家庭での大気汚染対策

PM2.5対応の空気清浄機も考慮

- ・使用する部屋の**サイズ**に合った機種を選ぶ。
- ・効果が十分に得られる室内**位置**に設置する。
(機種によって吸い込み口の位置や高さも違い、適切な設置の室内位置, 向き, 壁との距離等, 取扱説明書で確認し使用する。)
- ・漫然とAUTO・省エネモードにしているのは, 十分な清浄効果を得られない可能性もある。
- ・**最大風量**・**連続稼働**を考慮。
- ・定期的にフィルターの清掃を**決められた手順**で行う。



Take Home Message

大気の現状の**把握** (AQIなど)

危険性の**理解**

自分の健康状態の**把握**



状況に応じた**対応**・**自己防衛**

・**マスク**の使用

・**空気清浄機**の利用 等

お疲れ様でした



EOF