

## 地域の空気

### 【今日の課題例】

私たちの周りの空気環境が悪化すると、なぜ問題になるのだろうか？空気環境の悪化は、私達人間にどのような影響を与えるのであろうか？どこが問題なのだろうか？その問題は、なぜ重要なのだろうか？問題を解決するにはどのようにすればよいと考えられるのだろうか？それとも、もう問題は解決したので、気にする必要はないのだろうか？

→ 空気環境とは何か？ヒートアイランド現象などの熱の問題や音や光の問題とはどこが違うのか？私達が生きていく上で必ず必要な空気環境ならでは、の問題点は何か？

→→ 排出側も影響を受ける側も共存できる方法はないだろうか。

### 【話し合ってみよう】

【授業が終わった後に、再度話し合って気がついたことをメモしておこう】

## 1. 都市の大気汚染

### 1. 1 世界の大気汚染（参照：参考文献 [1]）

1952年12月にロンドンで、いわゆる「ロンドンスモッグ」事件が起きた。当時ロンドンは移動性高気圧に覆われ、前線には逆転層が発生した。このような状況では大気の大気対流が起こりにくく、そのうえ当時の気象状況は無風で、濃霧とともに各家庭から出る石炭暖房による煤煙と硫黄酸化物が地表に停滞（これをスモッグ（煙（smoke）と霧（fog）の合成語。）とよぶ。）した。この極度に汚染された大気により、呼吸器や心臓疾患の患者が急速に増え、死亡率も目立って上昇した。このときの死者は約4,000人と報告されている。

このようなロンドン型の大気汚染による災害は、1930年12月にベルギーのミューズで、1948年10月にアメリカのドノラでも起こっていた。これらの都市は、共に渓谷地に立地し、多くの工場を抱えており、災害は「ロンドンスモッグ」事件と同様な気象条件で発生している。その原因は石炭燃焼による煤煙と、SO<sub>2</sub>や硫酸ミストなどとの複合大気汚染と考えられる。

煤煙が健康被害をもたらすことが明らかにされ、1975年頃から各工場で燃焼装置の改良や集塵装置の設置などの対応がなされるようになった。また、燃料は石炭から、燃焼効率が良くてライン化の容易な石油へと移行したこともあって、煤煙を伴う黒いスモッグから硫黄酸化物を中心とした白いスモッグへと変化してきた。

一方、ロサンゼルスでは、黒いスモッグや白いスモッグとは全く性格の異なる、いわゆる光化学スモッグが1940年代中頃から問題になっており、ロサンゼルス型大気汚染といわれている。ロサンゼルスの大気汚染の原因物質は、主に自動車から排出される窒素酸化物と炭化水素が強い日射のもとで光化学反応を起こして生成された光化学オキシダントである。

光化学オキシダントは、一次汚染物質である窒素酸化物や炭化水素が太陽放射の紫外線を吸収して光化学反応を起こして生成されたオゾンを中心とした酸化性物質の総称で、二次汚染物質である。光化学オキシダントは、目、鼻、のどの粘膜を刺激し、涙を誘発したり呼吸困難を引き起こしたりする。また植物への影響も大きく、1970年にはロサンゼルス農作物が大被害を受けて、収量が30%も減少したといわれている。

表 ロンドン型スモッグとロサンゼルス型スモッグの比較（出典：参考文献 [1], p.12)

	ロンドン型	ロサンゼルス型
発生時の気温、湿度	-1～4℃、85%以上(霧)	24～32℃、70%以下
最も発生しやすい月、時刻	12月、1月、早朝	8月、9月、日中
スモッグ最盛時の視程	0.1 km 以下	0.8～1.6 km 以下
おもな使用燃料	石炭および石油	石油
生成反応と化学作用	熱反応、還元的	光化学反応、熱反応、酸化 的
おもな汚染物質	SO <sub>x</sub> 、CO、ばい塵	SO <sub>x</sub> 、O <sub>3</sub> 、アクロレイン、 PAN、CO
人体に対する影響	気管支、呼吸器系障害	目などの刺激、呼吸器障害

### →光化学スモッグ

光化学スモッグは、自動車や工場、事業場などから排出される大気中の窒素酸化物や炭化水素（特に不飽和炭化水素）が太陽光線（紫外線）を受けて、光化学反応により二次的汚染物質を生成することにより発生する。

二次的汚染物質としては、オゾン、パーオキシアシルナイトレート（PAN）および二酸化窒素などの酸化性物質、ホルムアルデヒド、アクロレインなどの還元性物質があるが、ほとんどがオゾンである。光化学反応により生成される酸化性物質のうち、二酸化窒素を除いたものを「光化学オキシダント」と呼ぶ。

→→近年、熊本県内でも観測されるようになってきた。平成18年に1件、翌19年に4件、平成21年に2件の注意報が発令された。

→→「熊本市」>「熊本市の環境TOP（環境局）」>「熊本市の環境」>「環境保全」>「大気汚染」>「光化学スモッグについて」

[https://www.city.kumamoto.jp/hpKiji/pub/detail.aspx?c\\_id=5&id=2810&class\\_set\\_id=3&class\\_id=586](https://www.city.kumamoto.jp/hpKiji/pub/detail.aspx?c_id=5&id=2810&class_set_id=3&class_id=586)

## 1. 2 日本の大気汚染（参照：参考文献 [2]）

### （1）初期の大気汚染

- ・薪を燃やした「烟-煙（けぶり）」
- ・製塩業のけぶり
- ・大仏造営（参照：参考文献 [3]）
- ・銅精錬などによる大気汚染（四国別子銅山，足尾銅山，日立銅山など）
- ・江戸時代の石炭燃焼

## （2）明治維新の工業化から太平洋戦争終結までの大気汚染

### 1）局所的大気汚染紛争

- ・銅鉱山精錬排ガスによる農林業と鉱業の紛争（四阪島（別子銅山）、足尾銅山、日立銅山）
- ・塩化水素大気放出に起因する農民の苦情（味の素・神奈川県逗子）
- ・セメント工業のダスト飛散（浅野セメント・東京）
- ・火薬製造工場の排ガス（アームストロング社・神奈川県平塚郡） など

### 2）広域大気汚染問題

- ・阪神工業地帯、京浜工業地帯、北九州工業地帯の上空を覆う煤煙
- ・燃焼管理の必要性からボイラー技士の養成
- ・戦争激化による大気汚染の激化
- ・大正 11（1922）年の大阪市立衛生試験所の広域大気汚染調査

## （3）第二次世界大戦後から環境危機までの大気汚染

### 1）大気汚染問題の再燃

- ・戦後の工業の急速な復興と降下煤塵の増加
- ・公害防止条例の制定（昭和 24（1949）年東京都、昭和 25（1950）年大阪府、昭和 26（1951）年神奈川県、昭和 30（1955）年福岡県）

### 2）『煤煙の排出の規制等に関する法律』の成立（昭和 37（1962）年 5 月）

煤煙排出規制地域と規制対象施設を政令で指定し、地域毎に規制基準を厚生大臣・通産大臣が定めて順守を義務づけ、都道府県知事がこの基準で取締まる。具体的規制方法として新設、改造の規制対象施設届出制度を定め、事故と緊急時措置を規定し、大気汚染紛争への都道府県知事による和解仲介制度を定めて煤煙発生施設整備助成措置を規定。

『この法律は、工場及び事業場における事業活動に伴って発生するばい煙の処理を適切にする等により、大気の汚染による公衆衛生上の危害を防止するとともに、生活環境の保全と産業の健全な発展との調和を図り、かつ、大気の汚染に関する和解の仲介の制度を設けることにより、その解決に資することを目的とする。』（第 1 章総則第 1 条）

### 3）公害対策基本法、大気汚染防止法の成立

- ・高度経済成長による大気汚染状況の加速
- ・『公害対策基本法』の公布（昭和 42（1967）年）  
国民の健康を保護し、環境保全を図るため好ましいとされる『環境基準』を第 9 条に規定。
- ・『大気汚染防止法』の公布（昭和 43（1968）年）

自動車排ガス規制を実現して、硫黄酸化物排出規制に新たに着地濃度を一定以下に抑えることを目的とする煙突1本毎の単位時間あたりの硫黄酸化物排出量規制を実行。

- ・大気汚染地域の拡大（四日市問題など）

#### （4）環境危機以降における大気汚染

- ・環境危機の勃発（昭和45（1970）年，マスコミが公害問題を大きく取り上げる）
- ・光化学スモッグの発生
- ・昭和45（1970）年11月，第64回国会『公害国会』開催
- ・昭和46（1971）年7月，環境庁を創設（大気保全局-企画課，大気規制課，特殊公害課，自動車公害課）
- ・環境庁と大気保全対策の推進
- ・地方自治体，通産省・産業界の環境危機対応
- ・大気汚染研究の推進

→後に，環境庁は環境省（平成13（2001）年）に，公害対策基本法は環境基本法（平成5（1993）年）に。

## 2. 大気汚染物質とその発生源（参照：参考文献 [4]）

### 大気汚染物質

- └— 発生源から直接排出されるもの（一次汚染物質。SO<sub>2</sub>，CO，SPM（PM2.5）など。）
- └— 大気中で集合・反応の結果生成されるもの（二次汚染物質。O<sub>x</sub>，NO<sub>2</sub>など。）

### 排出の形態

- └— 固定発生源（工場や発電所のように場所が動かないもの）
- └— 移動発生源（自動車，船舶，航空機のように移動しながら排出するもの）

#### 2.1 硫黄酸化物

燃料中の硫黄が，燃焼の結果，酸化物となって排出される。また，工業原料が硫黄を含む場合も同様であり，大部分がSO<sub>2</sub>として排出される。地球上におけるSO<sub>x</sub>発生量のうち，人為的発生量の約68%が石炭燃焼，約13%が重油燃焼による。

・SO<sub>x</sub>の排出規制

└─ **κ** 値規制：排出高度に対応した係数 **κ** によって、施設ごとに排出基準を設定。低い煙突ほど排出限度は小さくなる。

└─ 総量規制：個別の発生源規制のみでは環境基準を守れない地域に適用。地域全体の排出総量を定め、それを各発生源に配分。

・SO<sub>x</sub>の削減技術

燃料から硫黄分を除く燃料脱硫装置，燃焼後に硫黄分を除く排煙脱硫装置の設置が有効。

## 2. 2 窒素酸化物

燃焼など高温の条件下で，空気中の窒素と酸素が結びついて NO<sub>x</sub> となり，燃料中の窒素からも発生する。したがって，工場関係だけでなく，自動車や暖房，厨房，タバコなどいたるところに発生源があるが，東京では発生量の 70% 以上が自動車由来（自動車排ガスなどの規制については，「環境省」>「政策分野・行政活動」>「政策分野一覧」>「大気環境・自動車対策」>「大気汚染対策」>「自動車排出ガス等関連」〔<http://www.env.go.jp/air/car/index.html>〕参照）とされる。排出時の NO<sub>x</sub> は大部分が NO で，これが大気中で酸化されて NO<sub>2</sub> になる。

・NO<sub>x</sub>の規制

固定発生源に対する排出規制：昭和 48（1973）年にはじまり，その後 5 次にわたり強化。特に発生源が集中する地域については，総量規制制度を導入（昭和 57（1982）年に東京都特別区地域，横浜市等地域，大阪市等地域の 3 地域が指定。）。

自動車の排ガス対策：自動車単体の排出規制が昭和 48（1973）年にはじまり，順次強化。

・NO<sub>x</sub>の削減技術

燃焼技術向上と，燃焼後の排煙脱硝装置の設置。

## 2. 3 浮遊粒子状物質

大気中にある粒子は降下煤塵と浮遊粉塵に大別され，後者のうち 10 μm 以下の微粒子を SPM (suspended particle matter) という。粒径が小さいほど浮遊時間が長く，肺の奥深く進入するため，環境基準は SPM について定められている。

SPM は燃焼の際の灰やすず，自動車のタイヤ，ブレーキ，アスファルトの摩耗など，発生源も粒子の組成も多岐にわたる。また，大気中で水蒸気や化学物質が凝集・化合して生成される二次汚染物質も多く，発生源が多様であることが対策を困難にしている。

・SPMの規制

燃焼に由来するばい塵：発生施設の規模と種類に応じた排出基準あり。

アスベスト：平成元（1989）年に特定粉塵に指定し、発生施設の届出制、改善命令、監視測定などの制度を設けた。

道路粉塵：平成2（1990）年以降は法規制により一部地域を除いてスパイクタイヤの使用不可。

・ばい塵対策

燃焼管理が最も重要。排煙集塵装置の設置。

## 2. 4 微小粒子状物質（PM2.5）

（参照：「環境省」>「政策分野・行政活動」>「政策分野一覧」>「大気環境・自動車対策」>「大気汚染対策」>「微小粒子状物質（PM2.5）に関する情報」

[<http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info.html#ABOUT>]

大気中に浮遊している $2.5\mu\text{m}$ （ $1\mu\text{m}$ は $1\text{mm}$ の千分の1）以下の小さな粒子を微小粒子状物質（PM2.5）という。従来から環境基準を定めて対策を進めてきた浮遊粒子状物質（SPM： $10\mu\text{m}$ 以下の粒子，2.3を参照）よりも小さな粒子である。

PM2.5は非常に小さいため（髪の毛の太さの1/30程度），肺の奥深くまで入りやすく，呼吸系への影響に加え，循環器系への影響が心配されている。

粒子状物質には，①物の燃焼などによって直接排出されるもの，②硫黄酸化物（ $\text{SO}_x$ ），窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ），揮発性有機化合物（VOC）などのガス状大気汚染物質が，主として環境大気中での化学反応により粒子化したもの，とがある。

発生源としては，ボイラー，焼却炉などのばい煙を発生する施設，コークス炉，鉱物の堆積場などの粉じんを発生する施設，自動車，船舶，航空機などの人為起源のもの，さらには，土壌，海洋，火山などの自然起源のものもある。

## 2. 5 一酸化炭素

炭素を含む燃料が不完全燃焼すると，COが発生する。都市における主な発生源は自動車である。ほかの物質との反応性は高くないが，それ自体人間にとって有害であるため，自動車交通の多い都市では重要な汚染物質である。しかし，自動車そのものの燃焼性能の改善により，わが国では環境基準を大きく下回るレベルを保っている。

## 2. 6 オキシダント

$\text{NO}_2$ とHCが共存する大気中で，太陽光により多くの物質が関与した複雑な反応が生じ，オゾン（ $\text{O}_3$ ）やパーオキシアセチルナイトレートなどの強酸化性物質が生成される。これら酸化性物質

を総称して $O_x$ という。日本では $O_3$ が $O_x$ の90%前後を占める。

$O_x$ は二次汚染物質であるため発生源が特定できず、SPMと同様に直接的対策が難しいが、影響は急激で激甚である。

- ・ $O_x$ 削減対策

事前に予報して被害の発生を防ぐ事が中心。

各自治体は気象観測に基づく予報体制を敷き、状況に応じて注意報や警報などを発令するとともに、協力工場には排出量削減を、一般市民には自動車使用の自粛などを要請。

$O_x$ の発生を防ぐには、原因物質である $NO_x$ やHCの排出を削減する必要あり。

## 2. 7 炭化水素

HCの発生源としては、生物学的な発酵や腐敗、自動車排気中の不完全燃焼生成物、ガソリンスタンドなど石油製品の漏れ、有機溶剤その他からの蒸発などがある。HC自体の毒性は低い。

- ・HC削減対策

ほかの汚染物質に比べて技術的に困難が多く、効果的な方法が見出されていない。

固定発生源や廃棄物処理施設からのHC排出量を少しでも削減するため、自治体などに対して排出抑制対策の推進を要請している段階。

## 3. 大気汚染に係る環境基準と健康への影響

### 3. 1 大気汚染に係る環境基準

環境省の告示では、次のような基準を定めている（「環境省」>「環境基準・法令等」>「環境基準」>「大気汚染に係る環境基準」[<http://www.env.go.jp/kijun/taiki.html>]を参照）。

表 大気汚染に係る環境基準

物質	環境上の条件（設定年月日等）	測定方法
二酸化いおう ( $SO_2$ )	1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ、1時間値が0.1ppm以下であること。（昭和48.5.16告示）	溶液導電率法又は紫外線蛍光法
一酸化炭素 (CO)	1時間値の1日平均値が10ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20ppm以下であること。（昭和48.5.8告示）	非分散型赤外分析計を用いる方法

浮遊粒子状物質 (SPM)	1時間値の1日平均値が0.10mg/m <sup>3</sup> 以下であり、かつ、1時間値が0.20mg/m <sup>3</sup> 以下であること。(昭和48.5.8告示)	濾過捕集による重量濃度測定方法又はこの方法によって測定された重量濃度と直線的な関係を有する量が得られる光散乱法、圧電天びん法若しくはベータ線吸収法
二酸化窒素 (NO <sub>2</sub> )	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること。(昭和53.7.11告示)	ザルツマン試薬を用いる吸光光度法又はオゾンを用いる化学発光法
光化学オキシダント (O <sub>x</sub> )	1時間値が0.06ppm以下であること。(昭和48.5.8告示)	中性ヨウ化カリウム溶液を用いる吸光光度法若しくは電量法、紫外線吸収法又はエチレンを用いる化学発光法

## 備考

1. 環境基準は、工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域または場所については、適用しない。
2. 浮遊粒子状物質とは大気中に浮遊する粒子状物質であって、その粒径が10μm以下のものをいう。
3. 二酸化窒素について、1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内にある地域にあつては、原則としてこのゾーン内において現状程度の水準を維持し、又はこれを大きく上回る事とならないよう努めるものとする。
4. 光化学オキシダントとは、オゾン、パーオキシアセチルナイトレートその他の光化学反応により生成される酸化性物質（中性ヨウ化カリウム溶液からヨウ素を遊離するものに限り、二酸化窒素を除く。）をいう。

## ※単位について

ppm：容量比や重量比を表す単位で、1 ppm とは、空気1 m<sup>3</sup>中に物質が1 cm<sup>3</sup>含まれる場合をいう。

ppm は、「part per million」の略称で100万分の1のことをいう。

mg/m<sup>3</sup>：重量濃度を表す単位で、1 mg/m<sup>3</sup>とは、空気1 m<sup>3</sup>中に物質が1 mg 含まれる場合をいう。

## 3. 2 微小粒子状物質に係る環境基準

環境省の告示では、次のような基準を定めている（[<http://www.env.go.jp/kijun/taiki.html>]を参照）。いわゆる「PM2.5」の環境基準である。

表 微小粒子状物質に係る環境基準

物質	環境上の条件	測定方法
微小粒子状物質	1年平均値が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1日平均値が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること。（平成21.9.9告示）	微小粒子状物質による大気の汚染の状況を的確に把握することができると思われる場所において、濾過捕集による質量濃度測定方法又はこの方法によって測定された質量濃度と等価な値が得られると認められる自動測定機による方法

## 備考

1. 環境基準は、工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域又は場所については、適用しない。
2. 微小粒子状物質とは、大気中に浮遊する粒子状物質であって、粒径が $2.5\mu\text{m}$ の粒子を50%の割合で分離できる分粒装置を用いて、より粒径の大きい粒子を除去した後に採取される粒子をいう。

注) これらのほかに、「有害大気汚染物質（ベンゼン等）に係る環境基準」と「ダイオキシン類に係る環境基準」もある。

→健康への影響については環境省環境保健部のホームページ（「環境省」>「政策分野・行政活動」>「政策分野一覧」>「保健・化学物質対策」）などを参照。

<http://www.env.go.jp/chemi/>

- ・大気汚染の健康影響に関する調査（そら（SORA）プロジェクト）（同上の「環境省」>「政策分野・行政活動」>「政策分野一覧」>「保健・化学物質対策」内）

<http://www.env.go.jp/chemi/sora/index.html>

- ・花粉の飛散については、環境省花粉観測システム（はなこさん）のホームページ（「環境省」>「政策分野・行政活動」>「政策分野一覧」>「大気環境・自動車対策」>「大気汚染対策」>「大気汚染状況・常時監視関係」>「環境省花粉観測システム（はなこさん）」）などを参照。

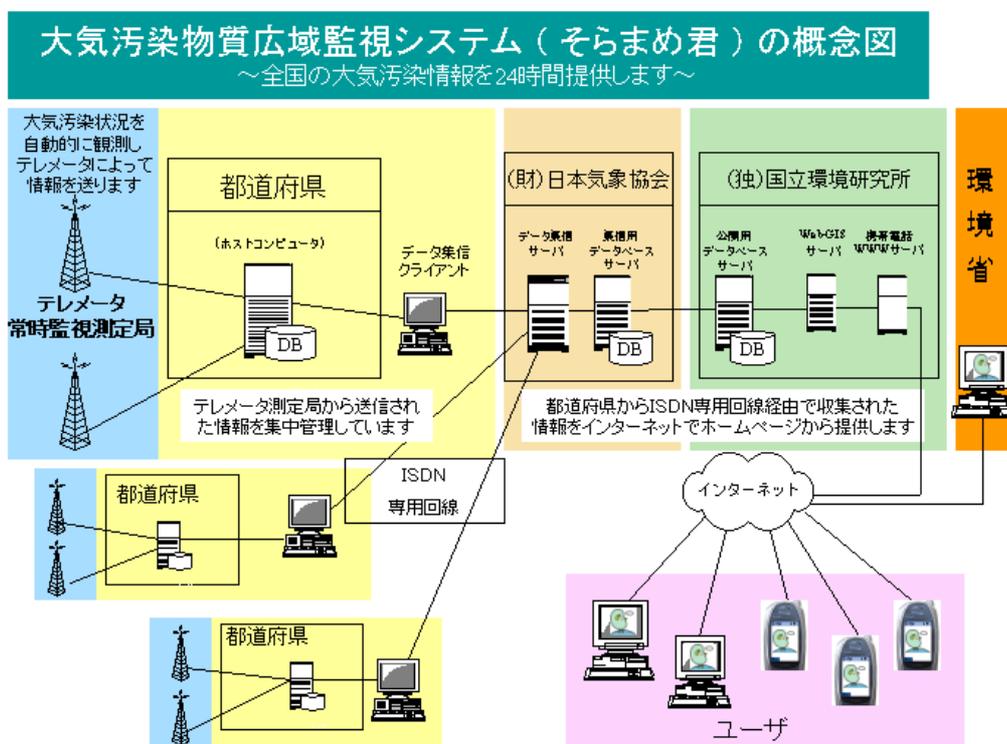
<http://kafun.taiki.go.jp/>

- ・花粉症保健指導マニュアルー2014年1月改定版ー（「環境省」>「政策分野・行政活動」>「政策分野一覧」>「保健・化学物質対策」>「環境保健に関する調査・研究」>「花粉情報サイト」）

<http://www.env.go.jp/chemi/anzen/kafun/manual.html>

#### 4. 大気汚染物質排出量の監視

大気汚染の状況を監視するために、大気汚染防止法第22条に基づき、都道府県などによって1,600以上もの大気汚染常時監視測定局が設置され、大気汚染状況を常時監視（24時間測定）している（環境省大気汚染物質広域監視システム（そらまめ君）のホームページ [http://soramame.taiki.go.jp/] も参照）。これらの測定結果は、環境省のホームページ（「環境省」>「政策分野・行政活動」>「政策分野一覧」>「大気環境・自動車対策」>「大気汚染対策」>「大気汚染状況・常時監視関係」>「大気環境モニタリング実施結果」>「大気汚染状況」 [http://www.env.go.jp/air/osen/index.html]）などで、閲覧できる。



・測定局の種類

- └— 一般大気環境測定局
- └— 自動車排出ガス測定局
- └— その他の測定局（気象局など）

・一般大気環境測定局：

住宅地などの一般的な生活空間における大気汚染の状況を把握するため設置された測定局。「一般局」と省略される。平成18（2006）年度末には、全国の都道府県と大気汚染防止法上の政令市に、1,581局設置されている。

・自動車排出ガス測定局：

道路周辺に配置された測定局。「自排局」と省略される。平成18（2006）年度末には、全国

の都道府県と大気汚染防止法上の政令市により、451局設置されている。

#### 自動車排出ガス測定局

- └— 沿道局：環境測定のための採気口（空気を採取するための管の入り口）が道路の沿道に  
| がある。
- └— 車道局：採気口が道路の中央帯，車道，交通等などの上にある。車道局は，環境基準が適  
| 用されない。

#### ・その他の測定局：

- └— 気象局：大気環境を常時監視している測定局の中で，大気汚染物質の測定を行わず，気  
| 象項目の測定のみを行っている測定局。
- └— 立体局：高層タワーなどに設置され，高さごとに大気の状態を測定。
- └— バックグラウンド局：比較的，大気汚染の影響が少ないと考えられる山間部などに設置さ  
| れ，直接的な大気汚染の影響がない場所で，どの程度，大気汚染物  
| 質が検出されるのかを調べるための測定を行う。

#### ・環境基準適用局：

大気常時監視測定局は，測定局が設置されている地域が，環境基準が適用される地域内に設置されている「環境基準適用局」と，用途地域が工業専用地域，臨港地区の場合および，通常，住民の居住が考えられない地域に設置されている「環境基準適用除外局」に分けられる。環境基準適用局では，その測定結果が，環境基準を達成しているかどうかの評価が行われる。

## 5. 大気汚染と気象（参照：参考文献 [5]）

### 5. 1 大気の安定度と汚染物質（参照：参考文献 [5]）

大気汚染と気象条件の関係を考える場合，風の影響が最も大きい。風が弱いと，汚染物質を運び去ることができないし，その濃度を希釈することもできないからである。また，大気の安定度も重要な要素である。大気が安定であると，汚染物質の垂直的な輸送と拡散を制限することになるからである。

※静止大気中の微小空気塊を鉛直方向に微小距離だけ変位させた時，その変位が時間とともに小さくなる場合を「(静力学的に) 安定」，変化しない場合を「中立」，大きくなる場合を「(静力学的に) 不安定」という。

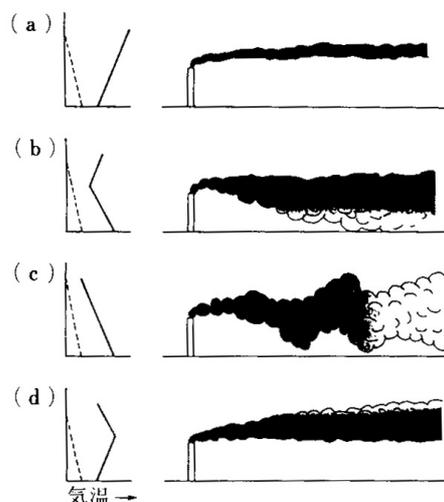


図 大気の安定度と煙流の振る舞い（出典：参考文献 [5], p. 50）

(a) 扇型

気温の接地逆転層が形成され大気が安定な場合で、風の弱い夕方から早朝にかけての時間帯で典型的なものである。煙は水平方向にも垂直方向にも拡散しにくいので、風下に向かって流れる。

(b) フュミゲーション（いぶし）型

接地逆転層が下層から不安定化した場合の例で、接地逆転層が日射によって解消に向かう午前中の典型例である。上層は安定なために上方への拡散が抑制される一方で、下層は不安定化しているために煙流は下方に降りてくる。

(c) ループ型

日中は日射によって接地気層は不安定化した場合である。活発な対流活動によって、煙流は上下左右に大きく波打ちながら風下に輸送される。

(d) 屋根型

夕方に接地逆転層が形成されはじめた時間帯にみられるもので、煙は逆転層の上を上方に広がりながら風下に流れる。

このうち、汚染物質が上空で排出された場合に地表で高濃度が出現するのは (b) と (c) のときである。特に (b) の場合には、汚染物質はもっぱら下方に輸送されるために、著しい高濃度が発生する可能性がある。

5. 2 海陸風（参照：参考文献 [4]）

海岸地域に大都市や工業地域の多いわが国では、海陸風に伴う局地循環が大気汚染に深いかか

わりをもつ。夜に吹く陸風のために、沿岸の都市や工場地帯から排出された大気汚染物質は海上に運ばれ、翌日の海風に伴って汚染大気がふたたび陸上に進入してくる。

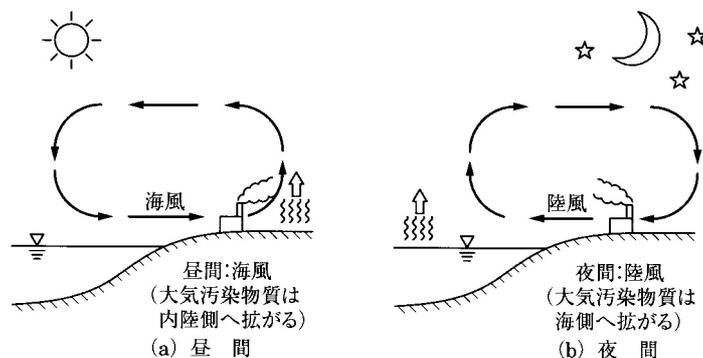


図 海陸風（出典：参考文献 [6], p. 55）

水の比熱は陸地（土壌）のそれより大きいので、昼間は太陽放射により地表面温度（陸地）の方が海面温度より高く、夜間は放射冷却により逆に海面温度の方が高い。これにより、昼間は海から陸へ向かう風が吹き（海風）、夜間は陸から海へ向かう風が吹く（陸風）。海風、陸風をまとめて海陸風という。なお、陸風→海風、海風→陸風に変化するときに無風状態となるが、それぞれ朝風（あさなぎ）、夕風（ゆうなぎ）という。

## 6. 大気中における汚染物質の挙動（参照：参考文献 [4]）

### 高濃度大気汚染

- ├— 発生源の近傍で煙が吹きつける形で発生する「疾風型」の大気汚染
- ├— 大気の安定が汚染物質の滞留原因となる「冬型」の大気汚染
- └— 海陸風などの局地循環が汚染物質を輸送し光化学反応が加わる「夏型」の大気汚染

### 6. 1 疾風型の大気汚染

日本では、1960年代まで各地で頻発した大気汚染で、比較的風の強い日に高濃度が現れる傾向があったため、疾風汚染とよばれた。汚染物質としては  $\text{SO}_x$  や煤塵が中心であった。発生源の風下近傍で風の変化に対応して濃度が急激に上昇する。汚染範囲は比較的小さいが、その中心濃度は高い。

これは、風が強い場合の煙流は、上昇せずに風に向かっていき、その後、建造物によってきわめて起伏に富む都市内部で、強風時には活発な乱流活動によってビルの風下で煙流の吹きおろしが生じ、煙流が希釈されないまま地表に到達することによる。

1970年代になると大発生源が高煙突に切り替わり、汚染物質の少ない燃料への転換や発生源の汚染物質除去対策も進んだため、この種の大気汚染は日本では少なくなった。

## 6.2 冬型の大気汚染

冬季には夜間を中心に大気安定度の高い日が多く、大気汚染物質の拡散が弱まる。特に、放射冷却に伴う気温逆転層は強い安定層であるため、風も弱まり、自動車などの低煙源から排出された汚染物質が滞留し、広い範囲で高濃度が発生する。このような条件は、日本付近が移動性高気圧に覆われる際に生じる。

NO<sub>x</sub>、SPM、COなど、低煙源の寄与の大きい高濃度汚染の発生条件である大気安定度は、一般に冬季に大きくなるが、厳寒から早春にかけては風が強く、また低気圧が通りやすい。このため、この種の高濃度汚染は11～12月の初冬季に集中する。しかし、主たる発生源が自動車や小規模固定発生源であるため、その数が膨大であり、個別的な対策では効果が期待できず、都市構造や交通体系の改善などの根本的な対策が望まれている。

## 6.3 夏型の大気汚染

夏季の大気汚染の中心はいわゆる光化学スモッグである。夏は一般に大気安定度が低いため、排出された汚染物質は速やかに拡散する。しかし、夏の特徴である太平洋高気圧、あるいは移動性高気圧などが覆った場合、風が弱く上空に沈降性の気温逆転が現れ、また都市上空には「都市ドーム」が形成される。これが汚染物質の拡散を抑制する働きをして、夜の間には背の高い汚染気塊が成長し、太陽が昇ると、光化学反応によってO<sub>x</sub>などの二次汚染物質が増加する。O<sub>x</sub>が生成されるのに数時間を要するため、その濃度は10時ごろから上昇をはじめ、13～16時ごろにもっとも高くなる場合が多い。

都市域では自動車などの発生源が多く、汚染物質の排出が終日著しいが、排気ガス中のNOは、O<sub>x</sub>の大部分を占めるO<sub>3</sub>との反応性が高い。このため、都心部では全体的な汚染状況が悪化しているにもかかわらず、O<sub>x</sub>濃度は比較的低い。しかし、その気塊が海風などによって郊外へ運ばれると、そこはO<sub>3</sub>を消費するNOが少なく、したがって光化学反応に伴うO<sub>x</sub>が増加して、著しい高濃度が生じる。

また、上空に滞留して反応の進んだ大気汚染物質が雲、霧、雨滴などに吸収されると、いわゆる酸性雨となる。

## 7. 自動車に起因する大気汚染

東京都では、2003（平成 15）年 10 月 1 日より、「ディーゼル車規制」を実施。

『東京都環境局 自動車の大気汚染対策』ホームページ

〔[http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/vehicle/air\\_pollution/index.html](http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/vehicle/air_pollution/index.html)〕より

### ・改善されない東京の大気汚染

工場のばい煙に代表される産業型の公害は、各種の規制強化によって、ある程度改善されてきました。しかし、自動車から排出される粒子状物質（PM）や窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）などの汚染物質により、東京の大気汚染は現在でも深刻な状況にあります。特に、PM は、肺ガンや呼吸器系疾患など、人への有害性が強く懸念されているほか、都の研究により花粉症に関する影響が確認されており、都民の生命と健康に大きな影響を与えています。

### ・ディーゼル車対策の必要性

過去 20 年間の間に、自動車の増加や交通量の増大に加えて、汚染物質を大量に排出するディーゼル車が増え続けてきました。PM や NO<sub>x</sub> の主な排出源は自動車ですが、自動車排出ガスに由来する PM のほとんど、NO<sub>x</sub> の 7 割はディーゼル車から排出されており、深刻な大気汚染の原因となっています。

一刻も早く大気汚染を改善するためには、汚染物質を大量に排出するディーゼル車を規制する必要があります。しかしながら、国は自らの責任を放棄し、必要な対策を怠ってきました。

### ・ディーゼル車走行規制の実施

そこで東京都は、都民の健康と安全を守るために条例を制定し、首都圏八都県市と協力して、埼玉、千葉、東京、神奈川の全域で、一斉にディーゼル車の走行規制を実施します。

## 8. 有害大気汚染物質

「有害大気汚染物質」とは、低濃度であっても長期的な摂取により健康影響が生ずるおそれのある物質のことをいい、該当する可能性のある物質として 248 種類、そのうち特に優先的に対策に取り組むべき物質（優先取組物質）として 23 種類がリストアップされている。

有害大気汚染物質については、十分な科学的知見が整っているわけではないが、未然防止の観点から、早急に排出抑制を行わなければならない物質（指定物質）として、1）ベンゼン、2）トリクロロエチレン、3）テトラクロロエチレン、が指定され、それぞれ排出抑制基準が定められている。

（『大気汚染防止法の概要』〔<http://www.env.go.jp/air/osen/law/index.html>〕より）

9. 参考文献（順に、書名、編著者名、発行所、発行年月、価格、ISBN番号、熊本県立大学学術情報メディアセンター図書館所蔵情報（〔〕内）。\*印は辻原所蔵せず。☆は、特に関係が深いと考えられる文献。）

#### 配付資料での引用文献

- [1]『地球環境サイエンスシリーズ④ 酸性雨と大気汚染』（片岡正光・竹内浩士，三共出版，1998年1月，¥1,500+税，ISBN:4-7827-0349-X）〔和書（2F），519.3||KA 83, 0000252313〕〔書庫（4F），519.3||KA 83, 0000204992, 0000204993〕
- [2]『日本の大気汚染の歴史』\*☆（大気環境学会史料整理研究委員会編，ラティス（丸善），2000年7月，3巻セットで¥18,000+税，ISBN:4-8444-2010-0）（第1巻：〔和書（2F），519.3||N 77||1, 0000251162〕〔書庫（4F），519.3||N 77||1, 0000244419〕，第2巻：〔和書（2F），519.3||N 77||2, 0000251163〕〔書庫（4F），519.3||N 77||2, 0000244420〕，第3巻：〔和書（2F），519.3||N 77||3, 0000251164〕〔書庫（4F），519.3||N 77||3, 0000244421〕）
- [3]『新潮文庫 国銅（上）・（下）』（帯木蓬生，新潮社，2006年3月，上下巻とも¥590+税，ISBN:4-10-12816-X, 4-10-128817-8）（上巻：〔和書（3F），913.6||H 14||1, 0000308508〕，下巻：〔和書（3F），913.6||H 14||1, 0000308509〕）
- [4]『都市環境学事典』（吉野正敏・山下脩二編，朝倉書店，1998年10月，¥16,000+税，ISBN:4-254-18001-2）〔和書（2F），518.8||To 72, 0000233012〕，〔参考（2F），518.8||To 72, 0000215322〕
- [5]『都市の風水土 都市環境学入門』（福岡義隆編著，朝倉書店，1995年4月，¥3,500+税，ISBN:4-254-16332-0）〔シラバス環境（3F），519||F 82, 0000220148〕〔和書（2F），519||F 82, 0000221369, 0000221370〕〔書庫（4F），519||F 82, 0000250096〕
- [6]『大気圏の環境』（有田正光編著，東京電機大学出版局，2000年1月，¥2,800+税，ISBN:4-501-61760-8）〔和書（2F），519.3||A 77, 0000263277〕

#### 大気汚染の実際

- [7]『写真・絵画集成 日本の公害5 都市を覆う』\*☆（宮本憲一監修，日本図書センター，1996年4月，6巻セットで¥57,000+税，ISBN:4-8205-7300-4）〔和書（2F），519.21||N 77||5, 0000176661〕〔書庫（4F），519.21||N 77||5, 0000196002〕
- [8]『青い空の記憶 大気汚染とたたかった人びとの物語』☆（西淀川公害訴訟原告団・弁護士監修，新島洋著，教育史料出版会，2000年8月，¥1,600+税，ISBN:4-87652-389-4）〔和書（2F），519.12||N 72, 0000316715〕
- [9]『ドキュメント大気汚染の日々 思いきり空気を吸いたい』☆（増田文雄，合同出版，2003年6月，¥1,600+税，ISBN:4-7726-0309-3）〔和書（2F），519.3||Ma 66, 0000316699〕
- [10]『国家と石綿 ルポ・アスベスト被害者「息ほしき人々」の戦い』☆（永尾俊彦，現代書館，2016年11月，¥2,700+税，ISBN:978-4-7684-5789-4）〔和書（2F），498.87||N 17, 0000379747〕

#### 広域大気汚染

- [11]『ポピュラー・サイエンス 199 広域大気汚染-そのメカニズムから植物への影響まで-』（若松伸司・篠崎光夫，裳華房，2001年9月，¥1,600+税，ISBN:4-7853-8699-1）〔和書（2F），519.3||W 21, 0000255860〕
- [12]『中国の空 日本の森』（橋本芳一・関根嘉香・王雪萍，慶應義塾大学出版会，2004年4月，¥1,800+税，ISBN:4-7664-1036-X）〔和書（2F），519.3||H 38, 0000280776〕

#### 大気中の微粒子

- [13]『大気と微粒子の話 エアロゾルと地球環境』（笠原三紀夫・東野監修，京都大学学術出版会，2008

年3月, ¥1,800+税, ISBN: 978-4-87698-833-4) [和書(2F), 451.3||Ka 71, 0000317368]

#### 大気汚染防止

- [14]『地球環境をまもるアクション 大気汚染をふせぐ』(ルーファス・ベラミー著, 岩淵孝監修, ほるぷ出版, 2005年12月, ¥2,800+税, ISBN: 4-593-57612-1) [和書(2F), 519.3||B 33, 0000325071]
- [15]『二訂 大気汚染対策の基礎知識』(環境保全対策研究会編, 産業環境管理協会(丸善発売), 2001年10月, ¥2,900+税, ISBN: 4-914953-69-2) [和書(2F), 519.3||Ka 56, 0000317819]
- [16]『大気汚染防止技術 絵とき基本用語』(タクマ環境技術研究会編, オーム社, 2000年11月, ¥2,400+税, ISBN: 4-274-94869-2) [所蔵なし]

#### 公害の中の大気汚染

- [17]『新装版 合本 公害原論』(宇井純, 亜紀書房, 2006年12月, ¥3,800+税, ISBN: 4-7505-0618-4) [和書(2F), 519||U 56, 0000325072]
- [18]『20世紀の日本環境史』(石井邦宣監修, 産業管理協会編, 産業管理協会(丸善), 2002年9月, ¥2,800+税, ISBN: 4-914953-75-7) [和書(2F), 519.21||Sa 63, 0000291587]
- [19]『日本史リブレット 63 歴史としての環境問題』(本谷勲, 山川出版社, 2004年8月, ¥800+税, ISBN: 4-634-54630-2) [和書(2F), 519.2||Mo 89, 0000294264]
- [20]『日本環境史概説』(井上堅太郎, 大学教育出版, 2006年8月, ¥2,400+税, ISBN: 4-88730-703-9) [和書(2F), 519.21||I 57, 0000302078]
- [21]『戦後日本公害史論』(宮本憲一, 岩波書店, 2014年7月, ¥8,200+税, ISBN: 978-4-00-025984-2) [和書(2F), 519.21||Mi 77, 0000363464]

#### 都市環境の中の大気汚染

- [22]『都市環境学』(都市環境学教材編集委員会編, 森北出版, 2003年5月, ¥3,200+税, ISBN: 4-627-555251-3) [シラバス環境(3F), 518.8||To 72, 0000275609]  
→第2版もあり(2016年6月, ¥3,200+税, ISBN: 78-4-627-55252-4) [シラバス環境(3F), 518.8||To 72, 0000374667]
- [23]『環境学入門 10 都市環境論』(花木啓祐, 岩波書店, 2004年5月, ¥2,600+税, ISBN: 4-00-006810-5) [和書(2F), 519.08||Ka 56||10, 0000281665]
- [24]『都市と環境』(中村英夫編, ぎょうせい, 1992年12月, ¥6,019+税, ISBN: 4-324-03272-6) [和書(2F), 519||N 37, 0000176460], [書庫(4F), 519||N 37, 0000158518]

#### 気象学の中の大気汚染

- [25]『環境気候学』(吉野正敏・福岡義隆編, 東京大学出版会, 2003年9月, ¥4,600+税, ISBN: 4-13-062710-4) [和書(2F), 451.8||Y 92, 0000279235]
- [26]『気象の教室 2 ローカル気象学』(浅井富雄, 東京大学出版会, 1996年3月, ¥3,500+税, ISBN: 4-13-064702-4) [和書(2F), 451.08||Ki 58||2, 0000218613]
- [27]『応用気象学シリーズ 第8巻 人間空間の気象学』(木村龍治編, 近藤裕昭著, 朝倉書店, 2001年6月, ¥4,000+税, ISBN: 4-254-16708-3) [和書(2F), 451.3||Ko 73, 0000255704]
- [28]『大気環境学 地球の気象環境と生物環境』(真木太一, 朝倉書店, 2000年9月, ¥3,900+税, ISBN: 4-254-18006-3) [和書(2F), 451.3||Ma 34, 0000241658, 0000244407]
- [29]『環境気象学入門』(岩田徹・大滝英治・大橋唯太・塚本修・山本晋, 大学教育出版, 2007年4月, ¥2,000+税, ISBN: 978-4-88730-748-3) [和書(2F), 451||I 97, 0000307700]
- [30]『気候学の歴史 古代から現代まで』(吉野正敏, 古今書院, 2007年6月, ¥5,600+税, ISBN: 4-7722-3102-2) [和書(2F), 451.8||Y 92, 0000311038]

**風環境（気象学の視点から）**

- [31] 『気象予報のための風の基礎知識』（山岸米二郎，オーム社，2002年2月，¥2,800+税，ISBN：4-274-02468-7）〔和書（2F），451.4||Y 23，0000325073〕
- [32] 『気象と地球の環境科学 改訂3版』（二宮洗三，オーム社，2012年7月，¥2,800+税，ISBN：978-4-274-21232-1）〔和書（2F），519||N 76，0000351379〕  
→改訂2版（2006年1月，ISBN：4-274-20185-6）〔和書（2F），519||N 76，0000299345〕  
→初版（1999年2月，ISBN：4-274-13169-6）〔和書（2F），519||N 76，0000218342〕
- [33] 『風で読む地球環境』（真木太一，古今書院，2007年2月，¥2,800+税，ISBN：978-4-7722-3103-9）〔和書（2F），519||Ma 34，0000324888〕
- [34] 『増補版 風と自然-気象学・農業気象・環境改善-』（真木太一，開発社，1999年10月，¥2,600+税，ISBN：4-7591-0106-3）〔3F和，613.1||Ma 34，0000253721〕
- [35] 『風のはなし I』（伊藤学編，技法堂出版，1986年10月，¥1,700+税，ISBN：4-7655-4324-2）〔和書（2F），451.4||I 89||1，0000325074〕
- [36] 『風のはなし II』（伊藤学編，技法堂出版，1986年10月，¥1,700+税，ISBN：4-7655-4325-0）〔和書（2F），451.4||I 89||2，0000325076〕
- [37] 『気象ブックス004 局地風のいろいろ 三訂版』（荒川正一，成山堂書店，2011年3月，¥1,800+税，ISBN：978-4-425-55044-9）〔和書（2F），451||Ki 58||4，0000375658〕  
→二訂版（2004年4月，¥1,600+税 ISBN:4-425-55043-9）〔和書（2F），451||Ki 58||4 0000306876〕  
→改訂版（2001年4月，¥1,600+税 ISBN:4-425-55041-2）〔和書（2F），451||Ki 58||4 0000251331〕
- [38] 『気象ブックス020 世界の風・日本の風』（吉野正敏，成山堂書店，2008年5月，¥1,800+税，ISBN：978-4-425-55191-0）〔和書（2F），451||Ki 58||20，0000316817〕
- [39] 『風と雲のことば辞典』（倉嶋厚監修，講談社，2016年10月，¥1,170+税，ISBN：978-4-06-292391-0）〔文庫本（3F），080||Ko 2||2391，0000375582〕
- [40] 『誰でもできる気象・大気環境の調査と研究』（新田尚，オーム社，2005年2月，¥2,600+税，ISBN：4-274-20032-9）〔和書（2F），451||N 88，0000293059〕

**風環境（建築・都市環境の視点から）**

- [41] 『新建築学大系10 環境物理』（新建築学大系編集委員会編，彰国社，1984年8月，¥6,200+税，ISBN：4-395-15010-1-1）〔和書（2F），520.8||KE1||10D，0000086789〕
- [42] 『現代の気象テクノロジー7 建築と気象』（松尾陽・村上周三・宮田紀元・鎌田元康・坂本雄三，朝倉書店，1986年3月，¥4,200+税，ISBN：4-254-16587-0）〔和書（2F），451||Ma 85，0000236076〕
- [43] 『ビル風の基礎知識』（風工学研究所編著，鹿島出版会，2005年12月，¥2,800+税，ISBN：4-306-03333-3）〔和書（2F），526.9||Ka 99，0000298477〕
- [44] 『CFDによる建築・都市の環境設計工学』（村上周三，東京大学出版会，2000年9月，¥5,200+税，ISBN：4-13-062201-3）〔和書（2F），519||Mu 43，0000245576〕
- [45] 『大都市近郊居住の環境設計』（日本建築学会編，日本建築学会，2000年8月，¥2,500+税，ISBN：4-8189-2657-4）〔和書（2F），518.83||N 77，0000275387〕
- [46] 『市街地風環境予測のための流体数値解析ガイドブック-ガイドラインと検証用データベース-』（日本建築学会編，日本建築学会，2007年7月，¥3,800+税，ISBN：978-4-8189-2665-3）〔和書（2F），518.8||N 77，0000325075〕

**その他**

- [47] 『子ども地球環境地図』（ランドマクナリー社著，原剛監訳，中央法規，1995年10月，¥2,600+税，

ISBN: 4-8058-1420-9 [和書 (2F), 519 | H 31, 0000220929]

## 10. 参考 URL

[1] 配付資料のダウンロード

<http://www.pu-kumamoto.ac.jp/~m-tsuji/kougi.html/tyosei.html/tyosei.html>

[2] 環境省のホームページ

<http://www.env.go.jp/>

[3] 環境省水・大気環境局の「大気環境・自動車対策」ホームページ

<http://www.env.go.jp/air/index.html>

[4] 環境省水・大気環境局の「光化学オキシダント関連情報」

[http://www.env.go.jp/air/osen/pc\\_oxidant.html](http://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant.html)

[5] 光化学オキシダント関連情報提供ホームページ（環境省・気象庁共同情報ページ）

<http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/oxidant/index.html>

[6] 環境省大気汚染物質広域監視システム（そらまめ君）のホームページ

<http://soramame.taiki.go.jp>

[7] 『気象研究所 光化学スモッグ気象予測モデルによる地上オゾン分布予測』

[http://ds.data.jma.go.jp/pco/mri\\_ccm2/index.html](http://ds.data.jma.go.jp/pco/mri_ccm2/index.html)

[8] 「気象庁」 > 「知識・解説」 > 「スモッグ気象情報について」

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kurashi/smog.html>

[9] 「国立環境研究所」 > 「環境展望台」

<http://tenbou.nies.go.jp>

[10] 「国立研究開発法人 海洋研究開発機構」 > 「付加価値情報創生部門」 > 「アプリケーションラボ」 > 「環境変動予測情報創生グループ」 > 「化学天気予報」

<http://www.jamstec.go.jp/frcgc/gcwm/jp/>

[11] 九州大学による大気汚染予測（SPRINTARS）

<http://sprintars.riam.kyushu-u.ac.jp/index.html>

[12] 「九州大学応用力学研究所」 > 「海洋大気環境研究センター」 > 「気候変動科学分野」

<http://www.riam.kyushu-u.ac.jp/climate/index.html>

[13] 「東京都環境局」 > 「自動車環境」 > 「自動車の大気汚染対策」

[http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/vehicle/air\\_pollution/index.html](http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/vehicle/air_pollution/index.html)

[14] 独立行政法人環境再生保全機構のホームページ

<http://www.erca.go.jp/>