
5

大気環境の現状

大気汚染は、種々の大気汚染物質によって人体影響、動植物への影響など生態系に影響が生ずるものである。

わが国にとって、大気汚染問題は古くて新しい。第二次世界大戦後の急激な経済発展に伴って、環境破壊が進み公害問題に発展した。法律が整備され、対策が進むに従って環境は回復し、日本の空はきれいになったものの、また新たな有害化学物質の存在が関心をよんでいる。汚染物質が国境を越えてやってくる越境大気汚染問題も深刻な問題である。

5-1 大気汚染を支配する気象要因

局地的な大気汚染問題にとっては、発生源の分布や大気汚染物質の発生量の多少は大きな要因であるが、気象的な要因も大きな働きをする。例えば、大気汚染物質の発生量が非常に多くても風が非常に強ければ汚染物質は急速に拡散するため高濃度とはなり得ず、大気汚染現象は生じない。風がある程度弱いときのほうが、大気汚染現象が強く発現する。

また気象条件によって、煙突の高さより下方に大気汚染物質が広がるケース（ダウンウオッシュ）と、上方にのみ広がるケースがあり、大気汚染は発生源である煙突近辺の気象条件に支配されることになる。

(1) 逆転層

大気は上空に行くほど気温が下がり、その下がる率によって大気の安定、不安定が決まる。大気下層に冷たくて重い空気があり、大気上層に暖かくて軽い空気がある時が安定である。

上空に行くほど一般的に気温は下がるが、気象条件によっては、上空に行くほど気温が上昇する層ができる。そのような層を逆転層という。この逆転層が生ずると、そこで蓋をしたような形になり、地表付近で発生した大気汚染物質は上空へ拡散できずに、逆転層の下層にたまるので高濃度現象が出やすい。

このような逆転現象は初冬期の夕方に起こりやすいが、起こると都市や都市近郊においては車の走行により、窒素酸化物濃度が非常に高くなる。この逆転層が盆地にできると、さらに空気が封じ込められて、より高濃度の大気汚染現象が発現することになる。

また煙突から大気汚染物質が煙となり出たときに、大気が安定な状態では、大気汚染物

質はかなり遠方まで地表面に着地せず層を成して輸送されていくことがある。しかし大気が不安定な状態になると、上下混合が激しくなるので発生した直後の高濃度の大気汚染物質が下降気流に巻き込まれて、地表に達する事がある。こういう場合にも高濃度現象が見られる。

(2) 海風・陸風

数10kmから200km程度の大気汚染現象を大きく支配するのが、海陸風である。

海陸風は、海水と陸面の熱容量の差によって、特に日射の強い夏場に強くなるものであり、昼間は陸面が高温になり上昇気流が起きて、海から陸への風が卓越する。大規模な工場が海岸沿いに立地していると、海風が工場の煙突からの大気汚染物質を内陸部へ輸送し、内陸側で高濃度汚染現象が生じることがある。

夜間になると、陸面は急速に冷えて熱容量の大きな海水のある海面が暖かなために、海面上で上昇気流が起これ、陸風が吹く。このケースは、もし工場が夜間に昼間と同様の操業を続けていたとしても、煙突からの大気汚染物質は海上に流れて人間生活に悪影響を及ぼすことはない。

夏場には海風の発達と内陸部の低気圧の発達によって、海風が内陸奥まで侵入し、大気汚染物質を200km以上奥まで送り込むことがある。例えば東京首都圏地域で出た大気汚染物質が、高崎や軽井沢を通り過ぎて、小諸や長野の近くまで輸送されるケースがある。

5-2 大気環境汚染の要因

大気汚染の要因として、まず、自然起源に由来するものと人為起源に由来するものがある。前者には火山からの噴煙、黄砂などがある。また、人為起源は、固定発生源と移動発生源とに分けられる。

固定発生源とは工場などを指す。工場により異なるが、ばい煙や粉じん、硫黄酸化物、窒素酸化物、有害大気汚染物質などが排出される。

移動発生源とは自動車、船舶、航空機などである。自動車などは二酸化炭素や窒素酸

表 5-1 大気環境汚染の要因

起 源	発生源	汚染物質の例
人 為	固定発生源 (工場など)	粉じん, ばい煙(硫黄酸化物, 窒素酸化物などの有害物質), 一酸化炭素, 二酸化炭素, アンモニア, ダイオキシン類など
	移動発生源 (自動車など)	窒素酸化物, 一酸化炭素, 二酸化炭素, 炭化水素, 粒子状物質, 黒煙など
自 然	火 山	硫黄化合物(二酸化硫黄, 硫化水素など), 二酸化炭素, 火山灰(粒子状物質を含む)など
	黄 砂	粒子状物質など

化物などを排出するほか、発がん性物質であるベンゼンなどの炭化水素も排出する。また、ディーゼルエンジンからは粒子状物質や黒煙なども排出される。

5-3 環境基準のある大気汚染物質

重篤な公害問題を経て、大気環境の改善が図られている。

1967年の公害対策基本法を引き継ぐ形で1993年に制定された環境基本法（p.54参照）に基づき、環境基準は、「人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準」として設けられた。対象物質、環境上の条件、測定方法が定められており、浮遊粒子状物質に係る環境基準が1972年環境庁告示第1号をもって公布されて以来、必要に応じて改定されている。

表5-2 大気汚染に係る環境基準

大気汚染に係る環境基準	二酸化硫黄 (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	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。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。
	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	
	浮遊粒子状物質 (SPM)	1時間値の1日平均値が0.10mg/m ³ 以下であり、かつ、1時間値が0.20mg/m ³ 以下	
	二酸化窒素 (NO ₂)	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下（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では原則として現状程度の水準を維持するかこれを大きく上回らないよう努めること）	
	光化学オキシダント(O _x)	1時間値が0.06ppm以下	
有害大気汚染物質（ベンゼン等）に係る環境基準	ベンゼン トリクロロエチレン テトラクロロエチレン ジクロロメタン	1年平均値が0.003mg/m ³ 以下 1年平均値が0.13mg/m ³ 以下 1年平均値が0.2mg/m ³ 以下 1年平均値が0.15mg/m ³ 以下	
ダイオキシン類に係る環境基準	ダイオキシン	1年平均値が0.6pg-TEQ/m ³ 以下	TEQの説明はp.136参照
微小粒子状物質に係る環境基準	微小粒子状物質	1年平均値が15μg/m ³ 以下であり、かつ1日平均値が35μg/m ³ 以下	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2.5μm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。

環境省の大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」による濃度データは、ほぼリアルタイムで市民に公開されているほか、これらの大気汚染物質は、国や地方自治体により、多数の地点で濃度モニタリングが行われている。

(1) 二酸化硫黄 (SO₂)

二酸化硫黄は硫黄酸化物 (SO_x : ソックス) とよばれることがある。SO_x は SO₂ と SO₃ の合計であるが、SO₃ は煙道や煙突の排出直後には存在するものの、大気環境中では直ちに水分と反応して硫酸になるため、SO_x = SO₂ となる。

SO₂ には自然起源発生のもものと石炭、石油など化石燃料の燃焼により発生するものがある。自然起源として火山活動による放出があるが、これは地域が限られ、大量に放出される期間も限られる。日本国内では、鹿児島県の桜島の放出量が定常的に大きい。2000年に大きな火山噴火を起こした三宅島からの二酸化硫黄の放出量は、当初非常に大きかったが徐々に沈静化した。また、自然起源のものに海洋の生物活動による放出があり、ジメチルサルファイド (DMS (CH₃)₂S) が放出されて大気中で酸化され、二酸化硫黄、さらには硫酸へ変化している。

石炭、石油などの化石燃料は海の中や沿岸域で生成されることも多く、海洋中に溶け込んでいる硫黄分を同時に取り込むと、化石燃料中の硫黄分濃度は高くなる。そのような化石燃料を使用すると、SO_x が大気中に放出される。大気中に出てくる量は、化石燃料中の硫黄分濃度と燃焼の事前、事後の対策の取られようによって大きく異なる。先進国においては石炭、石油等とも事前に脱硫し、燃焼後は工場、発電所などで排ガスの脱硫が行われるので、SO_x は大幅に除去される。

広範に用いられている脱硫装置は、排ガスにスラリー状の石灰石を接触させて二酸化硫黄を亜硫酸カルシウムに変え、最終的には硫酸カルシウム (石膏) へ変えて、商品として回収するものである。得られる石膏は純度が高いために商品価値が高く、脱硫装置のランニングコストを軽減化している。

現在では図5-1に示すように、大気中濃度は大幅に下がってきている。一般的には

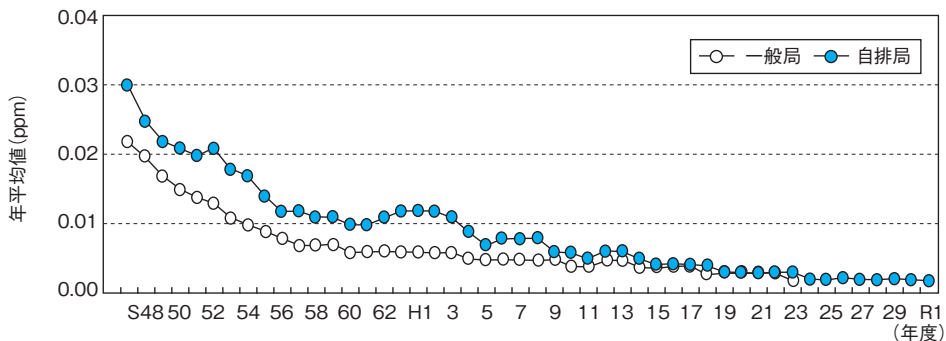


図5-1 二酸化硫黄濃度年平均値の経年変化

〔令和元年度大気汚染状況について (環境省資料)〕

SO_x 汚染は解決したと言える。

(2) 一酸化炭素 (CO)

一酸化炭素はあらゆる燃焼過程において出てくる可能性があり、特に酸素が不足するような状況では、二酸化炭素まで酸化状態が進まず発生する可能性がある。

かつては、大きな交差点などで一酸化炭素濃度がかなり高く観測されたが、近年その濃度は下がっている。自動車に三元触媒脱硝装置が付けられたことによって一酸化炭素は二酸化炭素に酸化され、自動車からの一酸化炭素放出量が少なくなった。

(3) 浮遊粒子状物質

微小粒子状物質とともに「5-5 エアロゾル」の項で解説する。

(4) 二酸化窒素 (NO₂)

窒素酸化物には一酸化窒素 (NO) と二酸化窒素 (NO₂) があり、これらを加え合わせたものを NO_x (ノックス) とよぶ。

一酸化二窒素など窒素の酸化したのも NO_x であるという意見もあるが、筆者は NO と NO₂ の合計を NO_x と考えるのが適当であると考える。

NO_x の自然起源によるものは、雷からの生成、あるいは土壌からの生成である。

人為起源のものは、化石燃料中の窒素分が燃焼によって出てくるものもあるが、ほとんどは工場、発電所、自動車などで化石燃料を使って高温燃焼することで、大気中に大量にある窒素と酸素が結合して発生する。

NO_x を除去する脱硝方法の主なものとして、工場、発電所などでは排ガスにアンモニアを加え、バナジウム系の触媒槽 (高温) を通すことによって、NO_x を窒素に還元して大気に出す方法が用いられている。

この方法は脱硫装置の場合と異なり、そのランニングコストを軽減するような産物が何も得られないので、ランニングコストをそのまま負担する必要がある。またアンモニアが悪臭物質であるため、化学量論的に見た場合アンモニアの比率を 1 より下げなければならず、NO_x の除去率を 100% とすることができない。そのため微量であるが、NO_x が出てくることになる。

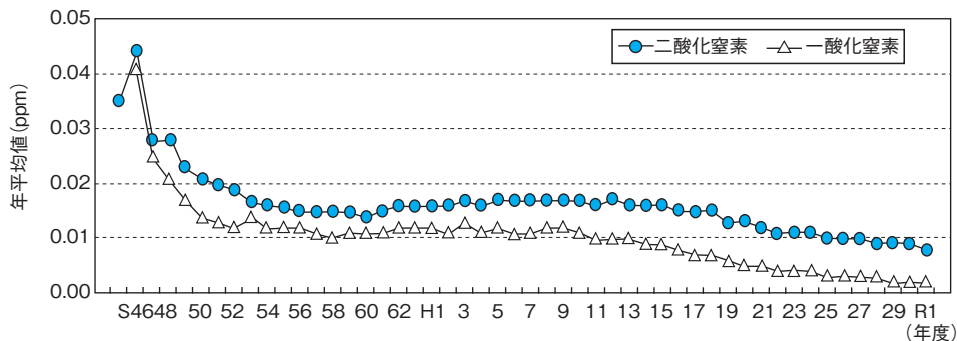


図 5-2 二酸化窒素および一酸化炭素の年平均値の推移 (一般局)

(令和元年度大気汚染状況報告書)

自動車排ガスに関しては、ガソリン使用の乗用車は三元触媒*による脱硝装置によりNO_xが除かれるが、100%除去される方法ではない。また自動車の走行開始時、三元触媒の温度が低い状態においてはNO_xの除去率が特に低くなるので、NO_xが大気中に放出される。開発途上国においては、ガソリン使用の乗用車に三元触媒の脱硝装置が付いていない可能性がある。

図5-2に示したように大気中濃度は下がってきているが、大都市地域とその近傍で濃度が高く、光化学オキシダント生成の一因となっている。

(5) 光化学オキシダント (O_x)

光化学オキシダント (O_x) はオゾン (O₃) と、その他の光化学反応により生成される酸化性物質を示すが、もっとも大きな部分を占めるのはオゾンである。

大気中に存在するNO₂が、昼間や夏の日差しの強い時太陽光の紫外線により分解して、NOとOを生成する。このOがO₂と結びついてオゾンが生成される。オゾンは酸素の同素体で有毒なガスであり、不安定、かつ化学反応性が高いために大気中で蓄積され続けるというガスではない。

オゾンは大気中のNOとただちに反応してNO₂ + O₂になる。しかし大気中に揮発性有機化合物 (VOC) が存在すると、オゾンがこのVOCと反応してOHラジカルやHO₂ラ

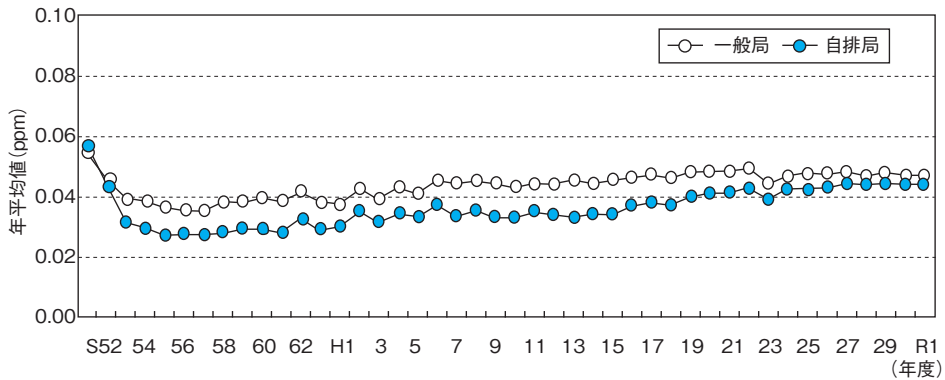


図5-3 光化学オキシダント昼間の最高1時間値の年平均値の推移

(環境省, 「令和元年度光化学大気汚染の概要」)

揮発性有機化合物 (VOC)

VOC (Volatile Organic Compounds) とは、揮発性を有し、大気中で気体状となる有機化合物の総称であり、トルエン、キシレン、酢酸エチルなど多種多様な物質が含まれる。これらは、そのものの毒性与オゾン生成への寄与の2つの観点から問題視されている

オゾン生成への寄与が大きい物質に関しては、各分子で反応性が異なり、個々の物質濃度の減少が光化学スモッグの生成緩和に比例しない。全体をどのように判断していくか、非常に難しい。

* 白金、パラジウム、ロジウムの3つの触媒を用いて炭化水素と一酸化炭素を酸化し二酸化炭素と水にすると同時に二酸化窒素を窒素ガス (N₂) に還元するが、このような触媒を「三元触媒」という。