

大気汚染現象と気象

中野道雄*

1. 大気汚染問題

大気は主として窒素と酸素の混合気体であり、そのほかに各種の希ガス類や、二酸化炭素、水蒸気などを含んでいる。地表付近の乾燥空気の成分は、地球上でほぼ一定しているが、これらの中には、ばい煙、砂じん、海塩粒子等も含まれている。

これらの自然の大気中に、人間活動等によるばい煙や種々の汚染物質の排出量が一定量以下の場合には、大気の浄化作用によって、人間の健康や動植物をはじめとした生活環境に影響を及ぼすには至らないが、自然の浄化作用の限界を越えて大量に排出された場合には、大気汚染として種々の悪影響を与え、とくに気象条件が安定で、大気中に排出された汚染物質が十分に運搬、希釈されないときには、とくに問題となる。

大気汚染とは、人の健康および生活に不利な影響を与える大気中の正常成分以外の物質が、過剰に存在することをいうが、世界保健機関（WHO）は、大気汚染の定義として、アメリカ合衆国オレゴン州の法律に用いられている「戸外の大気中に人工的にもたらされた汚染物質が存在し、その量や濃度や持続時間が、一地区の住民のかなり多数の人々に不快感を引き起こしたり、また州の広い地域にわたり、公衆衛生上の危害を及ぼしたり、人間や植物、動物の生活に害を及ぼすことによって、人々の生活や財産を享受する正当な権利を妨害するような状態」を挙げている。

鈴木（1972）は、各国の大気汚染の定義を総合して、次のように述べている。「大気汚染とは、人間の活動によってつくり出された汚染物質が、地域社会を包む戸外の空気中に拡散され、汚染物質の性質と濃度と持続時間との関係において、ある地域の住民のうちのかなりの多数の人々が不快感を引き起こしたり、健康や福祉に悪い

影響を与える状態をいう。ここにいう健康への影響とは、人の正常な生理現象への影響から急性、慢性の疾病や死までの広い範囲をいい、福祉とは人間と調和して共存する動植物、自然保全、財産、器物までも含まれるものとする。」

わが国で戦後、大気汚染が社会問題化した初期の1957年春の日本気象学会総会で、初めて「大気汚染と気象」をテーマとするシンポジウムが開催されたとき、大気汚染とはどういう現象をいうのかということが論議された。大気に正常成分以外のものがどの程度混入したときに大気汚染と呼ぶのかなどの疑問が出され、現状において大気汚染を正しく定義することは困難であるという結論になった。この頃から、一部の気象学関係者が大気汚染問題に関心をもつようになった。

戦後の大気汚染は、いわゆる公害問題として大きな社会問題となり、法規制の強化を基本にして対策が進められてきた。わが国の数多くある公害規制法の基本をなすものは、公害対策基本法である。この法律において、「公害」とは、「事業活動その他の人の活動に伴って生ずる相当範囲にわたる大気の汚染、水質の汚濁、土壌の汚染、騒音、振動、地盤の沈下及び悪臭によって、人の健康または生活環境に係る被害を生ずることをいう」となっている。

2. 大気汚染問題の歴史

大気汚染の歴史は、ロンドンにおける石炭の使用と共に始まり、13世紀末に既に注目されるようになり、イギリス議会はロンドンで石炭を燃やすことを禁止する法律を可決している。

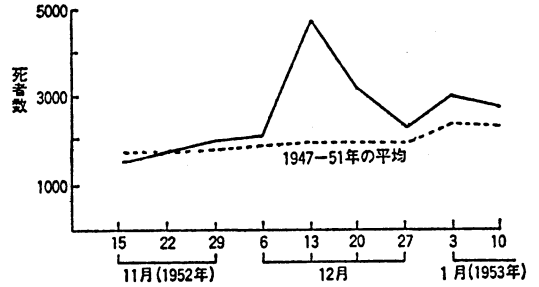
しかし、石炭の燃料としての有用さから、その後何回かばい煙問題がおこったけれども結局は石炭の使用が増加し、大気汚染は進行した。とくに産業革命以後は飛躍的な工業の発達によって大気汚染問題は深刻な社会問題

* Michio Nakano, 日本気象協会関西本部。

第1表 ロンドン・スモッグの大気汚染濃度。
(ロンドン市役所屋上での測定値)

1952年12月		
日	ばいじん濃度 (mg/m ³)	SO ₂ (ppm)
3	0.61	0.220
4	0.49	0.144
5	2.64	0.751
6	3.45	0.855
7	4.46	1.339
8		
9	1.22	0.472
10	1.22	0.472
11	0.32	0.224

(注) 7日, 8日は48時間平均濃度
他は24時間平均濃度



第1図 大ロンドン市の届け出死者数(スモッグ継続期間1952年12月5~8日).

となり, 種々のばい煙取締法が制定された。

19世紀末には, 大気汚染と気象との関係についての初めての調査研究として, ロンドンのばい煙と霧との関係についての調査が行われている。

1912年には, イギリス気象局の顧問委員会として大気汚染調査委員会が設けられている。1941年にはニュートン卿を委員長とした委員会が設けられ, その勧告によって公衆衛生法によりばい煙規制を図ろうとした。しかし, これらの努力も結局は, ばい煙問題を解決することができないままに第二次世界大戦を迎えた。

わが国の大気汚染問題も, 産業革命と共に大阪で始まり, 市民の苦情に押されて, ばい煙規制のための大阪府令が出されたり, 大阪市立衛生試験所による種々の調査研究が行われた。大正末期より始められた市立衛生研究所における降下ばいじん量の測定は, わが国で最も長い歴史をもつ貴重な資料である。

1935年(昭和10)~1940年(昭和15)に, 大阪の大気汚染は軍需工場の生産拡大に伴い悪化したが, この時期に, 室戸台風の被災を契機として大阪管区気象台内に設けられた災害科学研究所において, 利達清夫, 伊東疆自両博士により大気汚染と気象との関係についての調査研究が行われた。とくに, 伊東疆自博士の『大阪の塵埃』と題する調査研究報告は, 当時としてはきわめてすぐれた内容をもっている。

しかし, わが国の大気汚染問題(当時は, ばい煙問題と呼ばれていた)も, 第二次世界大戦の激化と共に対策はしぼみ, 対策の成果をあげぬままに, 敗戦による工業

活動の衰退によって青空がとり戻された。

戦後の大気汚染問題は, 1952年12月初旬のロンドン・スモッグ・エピソードに始まる。12月5日朝, 大きな移動性高気圧が南イングランドに停滞し始め, 気温は0°C以下と低く, ロンドン付近では気圧差が全くない状態で, テームズ川を中心とした低地帯は, 完全な無風状態となり, 200~300フィートの低い大気層に顕著な気温の逆転層が形成され, ロンドン・スモッグと呼ばれるきわめて濃厚なスモッグが発生した。

このような静穏な気象条件が12月8日まで4日間も継続し, ロンドン付近における大気汚染濃度は最悪の状態となった(第1表)。ロンドン市当局が集計した資料によると, ロンドン市内における11月28日から12月6日までの1週間の死亡者数は945人であったが, スモッグがひどくなった次の1週間には2,484人と急速に増加している。このようにして, このスモッグによると思われる平年よりの過剰死亡者が4,000人にも達したと報告されている(第1図)。

この当時, ロンドンにおいては暖房用に低品位の石炭を用い, その燃焼に伴い発生するばい煙がほとんど低い煙突から排出され, ブロッキング高気圧のもとに発生する極めて安定な気象条件と結びついて, 有名なロンドン・スモッグをもたらしたわけである。

イギリスでは, この不幸な事件のあと, 総理大臣の任命した調査委員会(委員長, ビーパー卿)が, 1953年7月に「大気汚染の性質, 原因, 影響ならびに予防方法の効果を調査し, 将来いかなる予防対策を実施すべきであるかを検討し勧告すること」を目的として設置された。

この委員会は, 1953年11月に中間報告, 1954年11月に最終報告を提出した。この報告(ビーパー・レポートとして, そのすぐれた内容が有名)をもとに, 当時としては厳しい規制内容をもつ大気清浄法(Clean Air Act)を

第2表 ロンドン・スモッグ事件における大ロンドンでの記録 (J. Goldsmith).

	1952.12	1956. 1	1962.12	1957.12	1956.12	1955. 1	1959. 1
死者の増加数	3,900	1,000	850	800	400	240	200
スモッグの続いた日数	5	5	5	5	10	11	5
ピーク濃度の続いた日数	2	2	1	1	5	1×3*	6
事件前の SO ₂ 濃度 (ppm)**	0.17	0.11	0.14	0.11	0.11	0.11	0.11
SO ₂ 最大濃度 (ppm)	1.4	0.53	1.16	0.56	0.39	0.42	0.28
1日あたりSO ₂ の濃度上昇(ppm)	0.42	0.18	0.07	0.14	0.14	0.16	0.09
事件前のばい煙濃度 (ppm)	400	500	200	400	400	500	400
ばい煙の最大濃度 (ppm)	4,000	3,250	2,000	2,300	1,200	1,750	1,200
1日あたりばい煙濃度上昇(ppm)	1,200	1,300	600	500	400	600	400
死者の出た日数	13	10	13	10	6	6	6
スモッグのない時の1日の死者数	300	330	310	300	270	320	325
通常時に対する死亡率の増加(%)	170	130	120	125	125	112	110

* 1日に相当する時間で3回発生 ** 濃度は24時間平均濃度

制定した。ビーバー・レポートでは、政府が緊急になすべき事項として「少なくとも一昼夜の間ひどい霧の出現が予想される場合、一般に高濃度の汚染が現われる地域に対して、気象官署ができるだけ早く、適当な方法、たとえば B.B.C. 放送などによって警報を発せしめるような措置を講ずべきである」と述べ、そのようなときに使用するために無煙炭を常備すべきであると勧告している。

しかし、石炭の使用と静穏な気象条件のもとにおいて、ロンドンはその後も何回か死者を発生するようひどいスモッグに悩まされ、最近に至ってやっと石炭から石油系や電気への転換等の対策によって長いロンドン・スモッグの苦悩から解放されるに至った(第2表)。

アメリカの大気汚染の歴史は比較的新しく、1864年にセントルイス市でばい煙規制条例が制定されたのに始まるが、その後ピッツバーグ、シカゴ、ニューヨークなどでも漸次問題化し、とくに1948年10月には、ピッツバーグに近い峡谷の工業地帯ドノラで濃いスモッグが発生し、20人が死亡し、住民約6,000人の約半数が被害を受けるという事件が発生した。

ピッツバーグはアメリカ最大の鉄鋼の町で、後背地の石炭を利用して発展したところであるが、それだけに石炭による深刻な大気汚染問題をおこし、広範な住民運動によって、市長選挙において大気汚染対策を推進する市長を選出し、対策に成果をあげるに至った。それ以外の都市も、石炭燃焼によるロンドン型スモッグで悩まされ、石油系燃料への転換等により対策を進めてきた。

一方、第二次大戦末期に、航空機産業で発展してきたロスアンゼルスでは、石油系燃料の使用量の増加とともに、眼刺激を発生する新しいスモッグに襲われるようになった。このため、戦後この対策を推進する機関として APCD (Air Pollution Control District) が設けられ、この中には気象技術者が職員として配置されて、大気汚染濃度と気象条件についての調査研究の成果をもとに1年間のテスト期間の後、1953年以降、毎日の光化学スモッグ予報を報道機関を通じて公表し、被害の未然防止に資することとしてきた。現在においても、ロスアンゼルスを中心としたカリフォルニア州における光化学大気汚染問題は、種々の調査研究の成果をもとに進められた対策によりかなり改善されたとはいふものの完全な解決には至っていない。

戦後のわが国の大気汚染問題は、戦後の急速な工業の復興が大都市を中心とした地域で石炭を燃料として進み、とくに昭和26年(1951)から始まった朝鮮戦争による特需景気で、復興は加速され、石炭消費量が増大したため再び軍需工業隆盛期と同様なばい煙問題が発生した。その後、昭和30年代に入るとともに、経済は復興の段階から成長へと向かい、燃料も石炭から石油への転換が進み、四日市をはじめとして各地に鉄鋼・石油化学コンビナートが建設され、大規模な臨海工業地帯の造成が進められた。その上、年々使用量が増大する重油が主として中近東産の高硫黄のものであったため、従来のばい煙にかわって、二酸化硫黄による高濃度汚染が広範な地域で深刻な社会問題となった。この時期に、臨海工業地

帯の造成に際して、事前調査としての高煙突拡散実験が各地で行われた。

四日市における二酸化硫黄による高濃度汚染は、大気汚染問題の重大さを広く認識させるところとなり、昭和37年には、初めてばい煙規制法が制定され、その後、昭和43年にはばい煙規制法は大気汚染防止法と改称されて規制が強化された。その後、年々排出規制の強化が進み、高煙突化、低硫黄燃料への転換、脱硫装置の設置等の対策が実施されて大気汚染は漸次改善され、昭和53年度には、総仕上げとして硫黄酸化物の総量規制が実施された結果、現在では全国的に二酸化硫黄の環境基準はほぼ達成されるに至った。

一方、昭和30年代末から急速に進んだモータリゼーションと固定発生源における石油系燃料の使用量の増加によって、昭和45年夏には東京都杉並区の立正高校の女生徒が光化学大気汚染によるとされる急性被害を受けた事件以来、各地で光化学スモッグが問題となった。そしてその主役としての光化学オキシダントとともに、その発生源である窒素酸化物、とくに二酸化窒素がそれ自身の有害性もあって注目されるようになった。

このようにして、わが国でもロスアンゼルス・スモッグ型の大気汚染が夏を中心として春から初秋までの暖候期に各地で発生し、それ以前まで問題になっていた冬を中心とし寒候期に発生するSO₂やばいじんによるロンドン・スモッグ型の大気汚染と入れ替った。

この結果、大気汚染と気象との調査研究や予報も、その中心は光化学大気汚染を対象としたものに変った。また、世界的にみて、最も二酸化窒素の有害性を重視するわが国では、二酸化窒素については、世界で最も厳しい環境基準が、1973年に中央公害対策審議会の答申に基づいて決定され、爾後、固定発生源対策としての燃焼装置の改善(二段燃焼装置、再循環燃焼装置)や排煙脱硝装置の開発等が積極的に進められ、一方、自動車排出ガス中の窒素酸化物についても、その排出基準が法的に強化され、すぐれた技術開発によって1台あたりの排出量の減少がはかられてきた。

しかし、自動車台数の増大が継続的に進んでおり、とくに幹線道路周辺地域の二酸化窒素濃度は、依然として高濃度であることから、大気汚染対策の最重要課題となってきた。この対策を進める基礎として、自動車排出ガスに起因する二酸化窒素の道路近傍における濃度分布を予測するためのシミュレーションに関する調査研究が重視されている(なお、二酸化窒素の環境基準は、1977年

7月、中央公害対策審議会の再答申をもとに改定され、1時間値0.02ppmが0.04~0.06ppmと緩和された)。

3. 大気汚染気象情報

一般に大気中の汚染濃度は、汚染質の大気中への排出量、排出条件と気象条件及び地形によって支配されると考えられている。汚染質の排出量は、燃料の種類、量ならびに除じん装置、脱硫装置などの設置の条件などによって決定され、地形の影響を受けた気象条件によって、そのときの大気汚染濃度が変化する。

現在、大気汚染防止対策として、大気汚染防止法や都道府県の条例によって、硫黄酸化物や窒素酸化物等の排出基準が定められ、基本的対策としての排出規制が実施されているが、大気汚染濃度は気象条件によってかなり大幅に変化するため、都市では安定な気象条件のときに、汚染濃度が著しく増大し、住民の健康や生活環境に悪影響を及ぼすレベルに達することがある。このような特定な条件を対象として常時の排出規制を厳しくすることは実情として困難であるという考えから、大気汚染防止法あるいは地方条例では、緊急時の措置が定められており、気象条件の影響で大気汚染濃度が一定値以上に達したときには、大気汚染注意報、警報を発令して通常の排出基準より厳しい排出規制を主要汚染源に対し行うこととされている。さらに進んで、地方自治体では、安定な気象条件が持続して、大気汚染濃度が高くなる可能性が予測される場合には、大気汚染予報等を発令し、早期に汚染源に対する規制措置を実施しているところが多い。

さらに、主要都市の気象台に設置されている大気汚染気象センターでは、気象条件からみて大気汚染濃度の予測を前日に行い、その結果を地方自治体の大気汚染対策部局に通報するとともに公表している。

このように、大気汚染の緊急時の措置をはじめとした種々の大気汚染対策を合理的、効率的に行うために、気象情報や気象予報は重要な役割を負っている。とくに大気汚染対策が進展するに伴って、漸次高度な大気汚染気象情報が社会的に求められるようになってきた。

気象庁の大気汚染気象予報指針によれば、大気汚染気象センターは、大気汚染気象業務の地方中核として一般予報中核と密接な連けいを取りつつ、大気汚染気象予報業務を担当する府県予報区担当官署に対して、その必要とする資料を提供し、大気汚染気象指示報により技術的な指導を行うことがその主な任務とされている。

すなわち、(1) 大気汚染気象予報対象地域全般を対象とした大気汚染気象に関する資料の収集・解析及び予想、(2) 解析、予想結果に基づく指示報による指導及び作成図表類の大気汚染気象予報担当官署への配布、(3) 対象地域全域及び必要に応じ地方予報区内の全部もしくは一部を対象にしたスモッグ気象情報の発表、(4) 大気汚染気象に関連する天気相談など、がその任務とされている。そのほか、管区気象台あるいは地方予報区を担当する気象官署としての機能として管内の気象官署に対する大気汚染気象予報業務についての指導も行うこととされている。

4. 大気汚染現象

大気汚染が社会的に注目されるようになったのは、産業経済活動の発展に伴って大量の汚染物質が大気中に浮遊滞留して、種々の被害を及ぼすようになったからである。一般に汚染質は、大気中で次の3種類の作用を受けて濃度が変化する。

4.1. 大気汚染質の風による運搬・希釈作用

煙突や自動車等から大気中へ排出された汚染質は、風によって風下地域へ運搬されるとともに風の乱れのために上下左右に拡散され、清浄な空気と混合して、しだいに希釈される。しかし、その希釈の状態は、平均風速と風の変動により決まる。また風の変動は大気の安定度、地表の状態ならびに平均風速によって支配される。このようにして、汚染濃度は汚染源からの距離が増すとともに低くなる。一方、汚染源から離れた地域の清浄な空気には汚染質が運ばれるため、そこでは汚染濃度が高まる。また気象条件によっては、特定の地域や高度に高濃度をもたらすことがある。

大気中における拡散に関する調査研究は、戦時中は各国において軍事目的としての毒ガスに関連して行われたが、戦後はまず原子力施設の放射能の安全保持のための調査研究として進められ、わが国においても東海村の原子力研究所で拡散実験が行われた。その後、先進工業国における工業活動の発展に伴い、都市や工業地帯周辺での大気汚染が社会問題化するに及んで、その対策のために大気拡散の調査研究が漸次とりあげられるようになった。とくに臨海工業地帯の造成に当たっては、100 m 以上の高煙突から排出される煙の拡散実験等の調査研究が行われ、大気汚染対策の基礎資料が提供された。

大気汚染に関連した大気拡散は、大気境界層中での拡散、とくにメソスケールあるいは、それより少し大きい

範囲でのもので、水平距離で 1 km から数 10 km 程度、1 日以下の時間に対する拡散を取扱っている。

このような大気拡散においては、一般に汚染質濃度は正規分布で、煙のブルームが地表やリッド（混合層の上端）で完全反射され、大気中での化学反応は考慮されていない。このような条件のもとに、Sutton の式や Pasquill の式が用いられている。

その後、大都市や臨海工業地帯の大気汚染対策の基礎資料として、広域拡散を対象とすることが要請されるようになり、さらに煙突高度も 200 m 以上の高煙突が建造されてきたため、接地層の中だけに限られた拡散の扱いでは不十分であり、エクマン層全体（少なくとも地上 1 km 以下の層）を考える必要が生じてきた。

また対象となる汚染範囲も数 10 km 四方にも及び、この地域全体で風速が一定で定常な条件を仮定した古典的な扱いでは満足すべき結果を期待できないことや、光化学スモッグが注目されるようになってきたことから、汚染質についても従来の SO_2 のように不活性として扱うものから、変質や除去を考慮しなければならない段階に至っている。

しかし、これらの課題についてはまだ十分に解明するところには至っていない。最近においては、低層用ゾンデ、係留気球、ノンリフトバルーンや航空機を用いた種々の観測が気象要素のみならず汚染質についてもかなり大規模に実施されており、それらの資料が解析され、蓄積されているだけに今後の研究の発展により解明されることが期待されている。

4.2. 汚染質の変質・変形

大気中の汚染物質は、種々の化学反応、光化学反応のほか、粒子状物質の凝集・凝結のような種々の物理的变化によって、さまざまな特性変化を生じる。最近までに大気中の汚染質の化学反応についての調査研究がかなり進んだけれども、なお現在の大気汚染状況において汚染質の変質を算定することは困難であるとされている。その理由の1つは、多くの汚染質の化学反応速度が気象条件（温度、湿度、日射）や共存する他の汚染質やエアロゾルの種類と量によって著しく支配されるからであると考えられている。

4.3. 自浄作用

大気中で汚染質は、降水や雲粒によって洗浄され、前者によるものをウォッシュ・アウト、後者によるものをレイン・アウトといわれる。降水は多くの汚染質に対して重要な清浄作用をもっている。粒子状汚染質が存在す

る大気中を水滴が落下する場合、それが汚染質を捕捉する効率、水滴と汚染質の大きさや表面の性質などと複雑に関係している。非常に小さな粒子状汚染質は水滴にほとんど捕捉されないが、一方、電気的な引力によって捕捉される場合もある。

また大きな粒子（半径 10 μm 以上）は重力落下によ

第3表 ロンドン型スモッグとロスアンゼルス型スモッグの比較

	ロンドン型	ロスアンゼルス型
汚染濃度の日変化	朝に最高	日中最高
高濃度時の気温	-1°~5°C	24°~32°C
天気	霧	晴天
温度	高い	低い
気温逆転	接地逆転	沈降逆転
汚染質の化学的特性	還元性	酸化性
人体への主要な影響	呼吸器障害	眼刺激

って比較的早く地表面に降下するが、小さい粒子では重力落下以外の力によって除去されることが多い。ガスは物への吸着や化学反応によることが多く、微粒子では電気的あるいは機械的な作用によって大気中から除去されることが多い。

5. ロンドン型スモッグとロスアンゼルス型スモッグ
高濃度を発生するような大気汚染現象を大別して、ロンドン型スモッグとロスアンゼルス型スモッグに分類されることがある。

前者は主として発生源から排出された汚染質（一次汚染質）が大気中に蓄積されやすい安定な気象条件のときに滞留して高濃度となるのに対し、後者は一次汚染質が大気中で紫外線等の影響により化学反応をおこし、その反応生成物（二次汚染質）が高濃度になることによって形成されるもので、いわゆる光化学スモッグがこれにあたる。

第4表 東京で高濃度汚染が発生するときの気象条件

	亜硫酸ガス	オキシダント
発生最盛期	12~2月 他の月にも散発	6~8月中旬 4~10月に散発
発生時の気圧配置	<ul style="list-style-type: none"> 本州南方海上を通る高気圧の後面 本州南岸に前線または弱い低気圧接近 西高東低の気圧配置ゆるむ 本州南方の高圧帯 南東海上の高気圧後面で日本海に気圧の谷 	<ul style="list-style-type: none"> 大部分は前線の変動、高・低気圧の通過など気圧配置の変化が大きい 梅雨の中休み、梅雨明け期：梅雨前線の南北変動や消長に支配され、東谷傾向で北陸方面から南下する高気圧前面で発生 盛夏期：北緯 35° 線に東西に走る高圧帯の南辺に入るときまたは気圧傾度がきわめて弱いとき 高圧帯が弱まり北日本を通る気圧の谷の後面に入るとき
逆転層	接地逆転（晴天型） 前線性逆転（曇天型）	移流（前線）性、沈降性
気温		20°C から特に 24°C 以上
風速	3 m/s 未満	4 m/s 未満
湿度	高い	60~80% (9h) 以後漸減
視程	1~2 km	<2~3 km (丸の内)
日射		14時まえ少なくとも 2~3 時間
進入地域	海岸から 10 km 前後	海岸から 10 km 以遠 100 km
その他	海風前線付近で高い	オキシダント高濃度は海風前線の移動と対応し、海風域内で起こる

(気象庁、大気汚染気象予報指針)

ロンドン型スモッグとロスアンゼルス型スモッグの発生原因の相異は、汚染質の違いもさることながら、気象条件の違いによるところが大きい。第3表に両者の特徴を比較して示した。

6. 高濃度大気汚染が発生しやすい気象条件

大気汚染は一般に比較的汚染源に近いところで高濃度になりやすいため、小規模な気象現象である局地風や都市気象の影響を強く受けるわけであるが、規模の小さい気象現象は持続性が小さいので、持続する高濃度汚染を考えると、とくにその予報については総観規模の気象条件を媒介として考えなければならない。

従来、高濃度が発生したときの気象条件を総合して、総観規模の天気予報との関係の調査が各地で行われてきたが、高濃度汚染が発生しやすい代表的な気圧配置は、つぎのようにまとめられている。第4表はその一例であるが、東京以外の地域についても気象要素の値はほとんど同じで、気圧配置も共通なものが多いので、ほぼ一般的に適用し得る条件といえることができる。

6.1. 移動性高気圧型

移動性高気圧の中心付近では、夜間に放射性の接地逆転層が発生しやすく、風も弱く、かつては高濃度汚染をおこすことが多かった。汚染濃度の変化は、移動性高気圧の移動速度と関係が大きく、高気圧の後面で、つぎの低気圧が近づく時期に最も濃度は高くなる。この場合、高気圧の経路と地域との相対的位置によって気象状態も異なり、汚染濃度も変化する。

6.2. 帯状高気圧

移動性高気圧とともに晴天型の高濃度汚染をもたらす気圧配置で、移動性高気圧よりも汚染を持続させやすい。

6.3. 西高東低型

季節風が強い間は、広域の汚染はなく、局地的な汚染(疾風汚染)をおこすことがある。しかし気圧傾度がゆるんだり、夜間の放射冷却のために風が弱まったり成層が安定すると汚染が増大することがある。

6.4. 北高南低型

一般に風が弱く、本州南岸沿いに前線が停滞して、上層に逆転層が現われやすいので、関東以西の太平洋側では高濃度汚染が発生しやすい。この気圧配置は持続しやすいので、汚染が長く続く傾向がある。

6.5. 気圧の谷型

本邦付近が南北の谷になっているか、2つ玉低気圧、

2つの前線の間にある局地的な高気圧の影響下にある場合、風が弱く、曇天や弱い雨を伴うことが多いので、曇天型の高濃度汚染が持続しやすい。

6.6. 南岸前線停滞型

春から梅雨季の期間と、秋に多く現われ、北高南低型や気圧の谷型と類似した曇天型汚染をもたらす。

6.7. 亜熱帯高気圧型

夏に現われやすく、沈降性の気温逆転層や等温層が地上1,000m以下に発生し、風が弱いときには一次汚染質の濃度も高くなるが、とくに光化学スモッグが発生しやすい。現在、最も問題となっている気圧配置型である。

以上のような気圧配置のときに相対的に汚染濃度は増大するが、最近においては基本的な発生源に対する排出規制が強化され、亜熱帯高気圧型のときに発生する光化学スモッグ以外はほとんど問題となるような高濃度は発生しないようになっている。従って、大気汚染防止法等に基いて発令される注意報等は、一次汚染質(SO₂等)を対象とした寒候期の発令は全くなく、暖候期の光化学スモッグを対象としたものに限定されるようになっている。

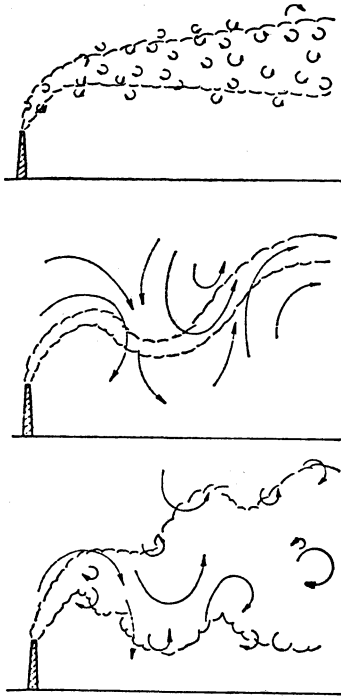
7. ばい煙の拡散

7.1. 煙の動きと気象条件

ある煙源から大気中に排出された汚染質がその周辺地域の環境濃度に及ぼす程度(寄与率)を知ることは、大気汚染対策を的確に進める上で重要なことである。大気中の汚染質を拡散希釈する役割を果たしているのは、さまざまな大きさのうずの不規則な運動によるもので、このような拡散を渦動拡散、あるいはうずを含んだ流れを乱流と呼ぶことから乱流拡散とも呼ぶ。従って、乱流拡散の状態は乱流の強度またはうずの代表的な大きさによって支配される。

大気中のうずは地表面の粗度や地形の影響、高度による風速の相違(shear)などによってできる力学的なうずと地表面の局部的加熱や空気粘性による摩擦などによって作られる熱的なうずとがあるが、いずれも、その大きさとともに寿命をもっている。

一般に、小さなうずだけでは第2図に示すように実質的に煙の拡散には有効に作用せず、また大きなうずだけでも煙流全体の流れを変えるだけで、拡散には有効に働かない。図の下端にみるように、大小さまざまなうずが適度に働いてはじめて煙が拡がり、希釈される。安定な大気中では気流が乱流から層流へと近づくため、うずの



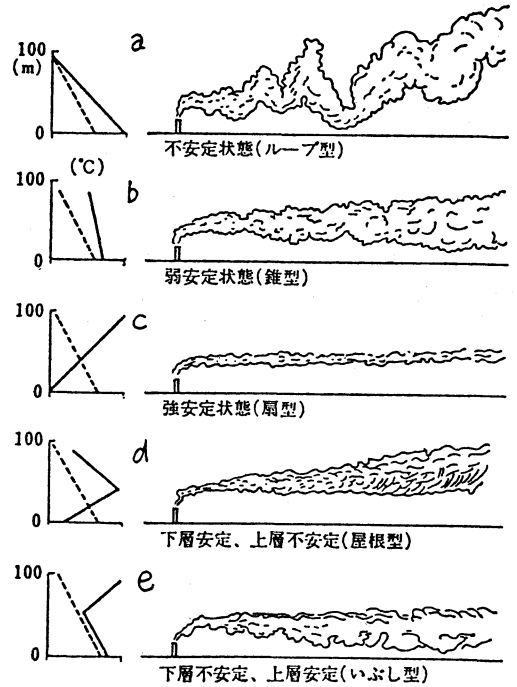
第2図 大気のうずと煙の拡散。

大きさは小さく、うずの持続時間も長い。このような大気の安定度とうずの大きさや持続性との関係は煙の流れを観察することによって知ることができる。第3図は煙の流れを横から見たときの特徴を示したもので、気温の鉛直構造すなわち大気の安定度と密接な関係のあることがわかる。

7.2. 大気の安定度

大気が安定であるということは、空気になんらかの移動が起こっても引き続いて移動せずにむしろもとの位置に戻ろうとする状態をいい、逆に不安定であるということは、いったん僅かな変位が起こると引き続いて移動し続ける状態をいう。また安定でも不安定でもない状態を中立という。

大気について、それが安定な気層か、それとも不安定かあるいは中立の状態にあるかをみるときは、気層中の空気の一部をとり上げて、1つの空気塊とみなし、その空気塊が気層の中で安定か不安定かを検討する。すなわち、その空気塊を無理に上下方向に移動させた場合、そのまま移動し続けようとするか、もとへ戻ろうとするか、あるいは、そのいずれでもないかによって気層が不安定か安定か中立かを知ることができる。

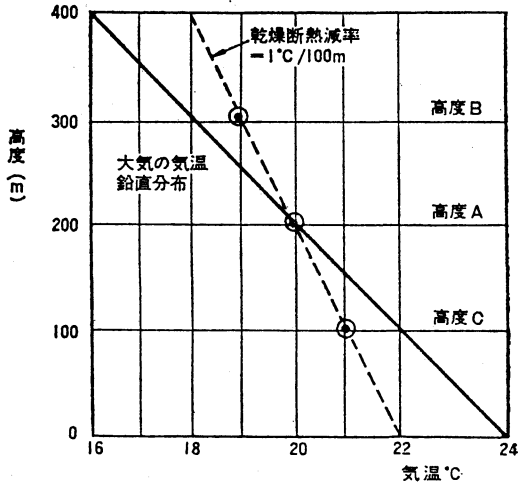


第3図 温度勾配と煙の形 (点線は乾燥断熱減率)。

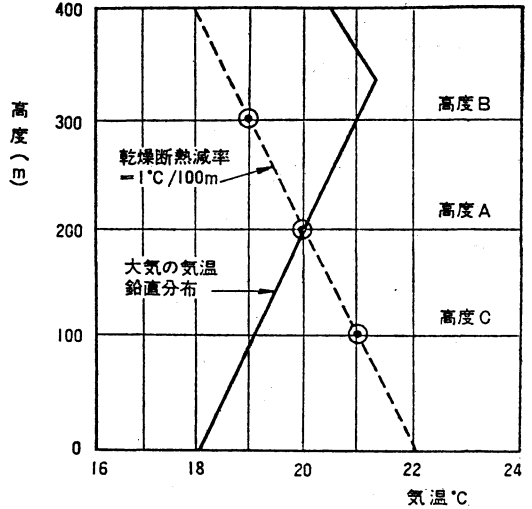
そのため具体的には、気層の鉛直温度構造を明らかにし、強制的にある高さまで持ち上げられた空気塊の温度が周囲の空気の温度より高いか低いかを調べる。空気塊の温度が周囲より高ければ浮力が働いて上昇を続け、低ければ重たいから下降する。

強制的に持ち上げられた空気塊は、上昇するに伴い周囲の気圧が下がるために膨張し、空気塊はその膨張のために外に向って仕事をすると結果、空気塊の温度は低下する。このとき、理論的に高度 100 m につき 0.98°C の割合で温度が低下することがわかる。この温度低下率は、外部から熱をもらったり、外部に熱を放出したりせずに気圧低下による膨張、すなわち断熱膨張によるものであるから断熱気温減率と呼ばれる。逆に気塊が下降する場合にはこの気温減率で温度が上昇する。大気汚染を考える場合、一般に空気塊に含まれる水蒸気等については考慮せず乾燥空気としてとり扱ってよいので、前述の気温減率は厳密には乾燥断熱減率と呼ばれる。

第4図は気層が不安定なときの気温の鉛直分布を実線で示し、乾燥断熱気温減率を点線で示したものである。空気塊が図のAの高度からなんらかの機会に高度Bまで持ち上げられたとすると、その空気塊の温度は乾燥断熱



第4図 大気が不安定な場合の空気塊の上下運動。



第5図 大気が安定な場合の空気塊の上下運動。

減率により点線にしたがって低下するので周囲の空気より温度が高くなり、上昇を続ける。逆に空気塊が高度Cへ下降したときには、周囲の空気より低温となるので、さらに下降を続ける。すなわち、実線と点線との温度差によって大気の安定度を知ることができる。

第5図の実線は、気温が高度とともに上昇している場合で、このときには前の場合と比べて実線と点線との差が逆になっており、空気塊は上昇しても下降してももとへ戻ろうとする。このような気層を安定な気層という。とくにこの場合には、高度とともに気圧が低下することによって気温が下がるという通常の気温の鉛直構造とは逆な現象であることから、このように気温が上空ほど高くなっている現象を、気温の逆転といい、この現象が起こっている気層を気温の逆転層、または単に逆転層と呼んでいる。

大気が安定か不安定かの鉛直温度勾配の境界が乾燥断熱減率線で、大気の鉛直気温減率が乾燥断熱減率線より大きければ、その大気は不安定、小さいかマイナス（気温逆転）であれば安定、ほぼ一致していれば中立ということになる。

大気が安定か不安定かという定量的な表現として、大気安定度を用いる。大気安定度としては、実際の大気についての気温減率を用いることも多いが、温位勾配という値を用いることもある。ここで温位 (potential temperature) とは、上空の空気塊を乾燥断熱線に沿って地上におろしてきたと仮定した場合の空気塊の地上での温度をいう。したがって温位を θ で表すと、温位勾配は

$$\frac{d\theta}{dz} = \Gamma - \frac{dT}{dz} \quad (1)$$

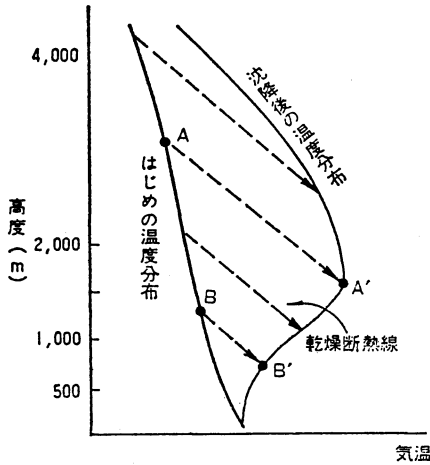
ここで、 dT/dz は実際の大気の気温減率、 Γ は乾燥断熱減率 ($0.98^\circ\text{C}/100\text{m}$)

実際に地上1,000 m程度までの気層について鉛直温度分布を測定してみると、大気の鉛直温度構造は理論的な乾燥断熱線に沿ったものではないことがわかる。年間を平均すると、気温減率で $0.65^\circ\text{C}/100\text{m}$ 、(1)式による温位勾配で $0.33^\circ\text{C}/100\text{m}$ 程度である。

さきに第3図で煙流パターンの図を示したが、図の左端にそれぞれの煙流パターンが出現しやすい気層の鉛直温度分布を実線で、乾燥断熱減率線を点線で示してある。図のaは、煙が大きく上下に動いているが、気温の鉛直勾配は点線より減率が大きく、大気が不安定であることを示している。bの気温分布は、点線よりやや勾配がゆるやかで、大気はやや安定な状態にあるが、平均的な気温減率といえる。cは、気温の逆転を示しており、大気はきわめて安定で、煙を上下方向に動かしたり、拡げたりして薄める作用をする空気の渦が存在しにくいことを示している。dは、煙流の下方が逆転（安定）で、上方が不安定であるため、煙流は下方に拡がらず上方のみに拡がる。eは、下方は不安定であるが、上方が逆転（安定）になっており、下方では煙は拡がるが上方へは拡がることのできないため、下方での汚染濃度が高くなる。

7.3. 気温逆転層

気温の逆転層は、大気汚染の高濃度をもたらしやすい



第6図 沈降性逆転層の形成。

ため、大気汚染からみて注意すべき現象である。一般に大気汚染と関係が深い逆転層について簡単に以下に述べる。

i) 放射性逆転層（接地逆転層）

晴天で風が弱い夜間には、熱放射によって地面が冷却し、これに接する空気も熱伝導により冷やされる。上空の空気ほど地面からの冷却を受けにくいので、上空よりも下層が相対的に温度が低い層ができる。この層を放射性逆転層と呼び、また、この逆転層は地面から漸次上空へ向かって形成され、あまり上空まで発達することはないから接地逆転層とも呼ばれる。朝になって日射によって地面の温度が上昇すると、地面付近からこの逆転層は解消していく。この解消過程で、煙流のタイプの図のeで示したフェュミゲーションの現象がおこる。この逆転層は、主として晩秋から春までの寒候期に発達しやすく、ロンドン型スモッグを発生させやすい。風が強いと空気がかきまぜられてしまうので逆転層は形成されない。

ii) 沈降性逆転層

高気圧圏内では、地面付近では空気は周囲の低圧部へ向かって流れ出しているが、上空では空気が収束して下へ向かって降りてくる。

このように空気が下降してくると、一般には、しだいに気温減率が小さくなって、ついには逆転層が形成される。この現象は空間で太陽放射には関係なく起こるので、昼夜の別なく形成され、高気圧が移動しない限り永續する。第6図でA点にある空気は強制的に下方へ運ばれ乾燥断熱線（図の点線）に沿って温度を上昇させなが

らA'点に達する。一方、地表に近いB点にあった空気は、地面が障害物となるため沈降率が小さいからB'点にとどまる。このようにして、上空に気温逆転層が形成される。また高気圧圏内は天気がよく風も弱いから、夜間には接地逆転層も形成されやすいので、大気汚染濃度が高くなりやすい。

iii) 地形性逆転層

地面に傾斜があると、夜間、地表面によって冷やされた重い空気は、斜面に沿って低い地域へと移動し、低地に滞留する。盆地や谷間では、このような地形の効果によって逆転層が形成されやすい。これを地形性逆転層という。

iv) 前線性逆転層

寒気前線は、冷たい気団が暖かい気団の下に入りこんで形成され、温暖前線は冷気団の上に暖気団がのる形で形成される。このような冷暖両気団の境目が地面と接する線が地上天気図に示される前線であり、そこから上空に伸びる冷暖両気団の境界面は前線面と呼ばれる。これらのいずれの前線面でも、下層は寒気、上層は暖気という組合せになるため、その鉛直断面は気温逆転層となる。とくに前線の活動が弱い場合、すなわち天候があまり悪くならない場合は、境目で空気の混合が少ないので逆転層ははっきり現われやすい。大気汚染の立場からは、前線の移動速度が遅く、前線面高度が一般に低い温暖前線による逆転層が問題となる。この場合も沈降性逆転層と同様に上空の逆転層であるが、前線が接近していると、その高度は比較的強く、前線の停滞によって曇天型の汚染が持続することがある。

7.4. 局地風

一般的に広域にわたる風は、気圧の差による気圧傾度力や地球の自転による偏向力、ならびに空気の運動方向と反対の方向に働く摩擦力の合成によっておこる。しかし、このような一般風とは別に、地形に影響され局所的な風系を生じやすい。汚染源から排出された汚染質を運搬希釈する大気下層の風は、局地風によって支配されることが多い。局地風は、地上天気図の上で気圧傾度が大きいときに、主として力学的な原因で生ずるものと、気圧傾度が小さいときに主として熱的な原因で生じるものに大別される。前者は、おろしなどの局地的な強風のほか、山地や丘陵、河川など地形の影響で吹く一般的な風も含まれる。後者は海陸風や山谷風が代表的なものであるが、都市風などもある。大気汚染よりみて関係が深いのは、海陸風と山谷風である。

i) 海陸風

海陸風は主として春から夏にかけて晴天の日に発達する局地風である。海岸の近くでは、一般に昼の間は海から陸へ向かって吹き、夜には逆に陸から海へと吹く。したがって、昼の海風と夜の陸風が交代する朝夕には風がとまり、しばらくの間は無風状態となる。海水は陸地より比熱が大きく、また海水は上下に動いて熱を表面より下の海水中に伝播することから、昼間は太陽放射を受けて陸地が海面より高温となり、海面の方が陸地より気圧が高くなって海風が吹く。夜間には陸地が放射冷却によって海面より低温となり、陸上は海面より気圧が高くなって陸風が吹く。多くの観測結果によると、昼間の海風の厚さは 500~1,000 m で、700 m 程度が多く、最盛期の風速は 4~5 m/s となっている。陸風は海風に比べると高さが低く 200 m 程度になることもあり、風速も 1~2 m/s と弱い。海陸風の交替時刻は日によりかなり差異があるが、海風から陸風への交替は20時以後のことが多い。

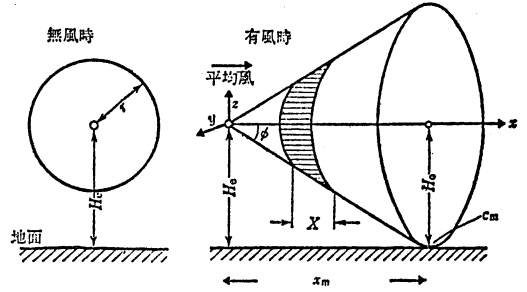
このような昼の海風、夜の陸風は、地表面付近だけのことで、その上空では循環流として地上の風と逆向きの風が吹いていて、1つのサイクルを構成している。

大都市や工業地帯は、海岸部に位置することが多いから、海陸風はそれらの地域の煙の移流拡散と密接な関係をもっているわけである。

ii) 山谷風

山谷風も海陸風と同じ温度風の一種で、局地的な循環風でもある。山谷風は海陸風が発達するような日に、山間部や山麓などに発生する。山の斜面付近の気温と、それと同じ高さの斜面から隔った空気との差から、この風が発生する。

昼間は山の斜面が日射を受けて加熱されて斜面上の気温が高くなり、山麓から山頂に向かって谷を吹き上げる谷風が吹き、夜間には、この逆に放射冷却により山の斜面上の空気が冷やされて山頂から山麓に向かう山風がおこる。海岸平野が狭く、海から山までの距離が近いところでは、海陸風と山谷風が重なって同時に吹くため、両者の区別がつかないことがある。通常、日の出後1時間以内に谷風が吹き始め、日中の間は山頂に向かって吹き続ける。また日没後1時間以内には山風に変る。山谷風の層の厚さは、海陸風より薄く、平均 100~200 m 程度といわれている。山谷風も、山に近い工場の煙に影響して問題となる。



第7図 煙の拡散のモデル (Xは1秒間に放出された煙が入っている長さ, c_m , x_m はおのおの最大着地濃度とその出現距離である)。

8. 大気拡散式

8.1. 拡散の理論的な取扱い

一般に、大気汚染などの環境汚染の防止には、汚染質を環境中へ排出しないことが理想であり、発生源において汚染質を除去する対策(除じん装置、脱硫装置など)が進められているが、実際の問題としてはそれにも限度があるため大気中へ排出した汚染質を有効に拡散して、生活空間への影響を低減するために、高煙突等が利用されている。

そして、この場合、発生源から排出された汚染質の濃度分布を定量的に把握することができれば対策を極めて有効に進めることができるため、その価値は大きい。汚染質の拡散を定量的に把握するために、数学的に取り扱う出発点となる拡散の微分方程式は、煙の拡散による煙の輸送量が煙の濃度勾配に比例すると考え、空間におかれた微小な箱についての煙の流入・流出を定式化することによって導かれる。

拡散の厳密な理論的取扱いは抜きにして、煙突からの排出ガスの拡散の様相を単純化して考えることとする。煙突からの排出ガスは、上向きにある速度で吐出され、また一般に温度も高い。このため排出ガスは吐出速度と浮力の効果で大気中を上昇する。そして上昇しながら周囲の空気と混合し、速度の減少と温度の低下が漸次進んでやがて上昇がとまる。このように最終的に排出ガスが到達する高度は有効煙突高度と呼ばれる。有効煙突高度は、煙突の高さ、排出ガスの運動量と温度、そのときの煙突頭頂部付近の大気の安定度、気温逆転層の高度などによって変化し、種々の有効煙突高度を求める式が利用されている。一般に、煙突の周辺地域における排出ガスが地面に到達する濃度(着地濃度)は、有効煙突高度が高い程小さい。普通、着地濃度を計算する場合、第7図

に示すように有効煙突高度のところに汚染質を排出する点があって、ここから一定の割合で汚染質が連続的に排出され、煙の中心軸はその高度で一定となり、その周囲に拡散すると仮定している。

いま、第7図において煙が点源から風下に向かって拡散する場合、煙が円錐形に拡散し、煙の流れに垂直な断面上で濃度が一樣であると仮定し、この濃度を c とする。煙突から排出された煙は刻々に不規則に変化するが、これを10分程度以上の時間について平均すると、第7図に示すように規則的な形となることから、このように仮定することができる。煙は大気中に排出されると、風に流されその主軸にそって1秒あたり風速 (u m/s) に等しい長さ (u) にひきのばされ薄められる。煙の濃度が一樣であるから、排出量 Q ($m^3 \cdot s^{-1}$) はつぎのような関係式で示される。

$$Q = \pi r^2 u c(x) \quad (2)$$

ここで、 r : 距離 x における円錐の半径 (m)

$c(x)$: 煙源の風下で距離 x における煙の濃度

π : 円周率

(2) 式から、円錐型の断面上での煙の平均濃度 $c(x)$ は、煙の拡散幅 r の2乗と風速 u に逆比例し、煙の排出量 Q に比例する。煙突の風下の地上にもたらされる着地濃度は、円錐が地面に接したところで最大になる。それより煙源に近いところでは濃度は地上に現れないし、またそれより遠いところでは拡散幅 r が増して濃度が低くなるからである。この最大着地濃度 C_m とその濃度の出現距離 x_m は、前述の式等によって、次のように示される。

$$C_m = \frac{Q}{\pi H_e^2 u} \quad (3)$$

$$x_m = \cot \psi \cdot H_e \quad (4)$$

ここで、 C_m : 円錐形の煙の最大着地濃度 ($m^3 \cdot m^{-3}$)

x_m : C_m の出現距離 (m)

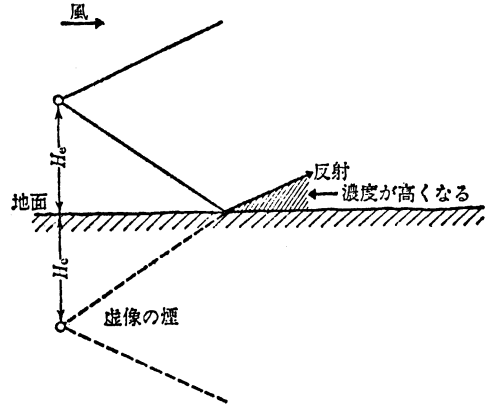
H_e : 有効煙突高度 (m)

ψ : 煙の拡散角度

無風時の煙の着地濃度も有風時と同様に、第7図に示すような球型に拡散する煙のモデルを使えば簡単に求めることができる。いま、第7図の左図のように煙が球形に拡散速度 D (m/s) で拡がり、瞬間的に発生した煙の量 q (m^3) による球形内部の濃度 $c'(r)$ ($m^3 \cdot m^{-3}$) は、一様でかつ球の体積に反比例すると考えると

$$c'(r) = \frac{q}{(4/3)\pi r^3} \quad (5)$$

ここで r : 球の半径 (m)



第8図 地表面での煙の反射。

煙源から煙が一定の割合 q ($m^3 \cdot s^{-1}$) で排出される場合の煙源位置における着地濃度は、 $c'(r)$ をつぎつぎに発生する煙塊の濃度と考え、時間で積分してつぎのようになる。

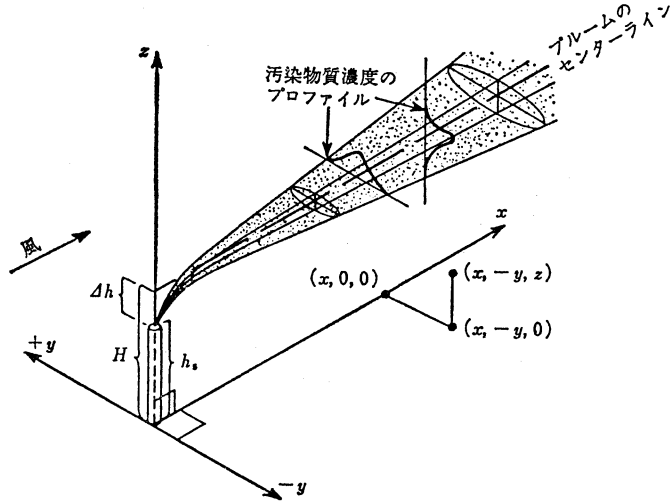
$$C(H_e, r) = \frac{q'}{(8/3)\pi D} \left(\frac{1}{H_e^2} - \frac{1}{r^2} \right) \quad (6)$$

ここに、 $C(H_e, r)$ は煙塊の反径が $r > H_e$ になったときの煙源位置における着地濃度 ($m^3 \cdot m^{-3}$)、また前述の式を導く場合、地面の影響は無視している。

無風時の拡散でも煙が排出されてから十分長い時間が経過したときの着地濃度は、時間によらず一定となり、有風時と同様に最大値は H_e^2 に逆比例する。

また、一般にばい煙の拡散の場合には、地面に到達した煙は、地面で完全反射されると仮定することが多い。このような場合には、第8図に示すように、地面を対称面として地面の下にも同じ煙源があって、その煙源からの濃度が実際の煙源からの濃度に重なるとして表わすことができる。

つぎに、より現実の拡散に近い拡散モデルを考える。第9図は、原点から風向に沿って x 軸をとり、これと直角に y 軸、鉛直方向に z 軸をとり、煙突実体高 h 、有効煙突高度 H からの煙の拡散をモデル化したものである。このモデルが第7図のモデルと異なる点は、後者が煙流中の濃度を均一としたのに対し、ここでは中心部(煙流軸)が濃く、周辺部が正規分布により薄くなるとした点であり、さらに水平方向と鉛直方向の汚染質のひろがりも必ずしも同じではないことから、両成分を別々に考えている点である。



第9図 正規分布をした代表的なブルームの拡散モデル。

第5表 拡散モデルの分類

モデル	特	徴
煙流モデル (ブルーム)	拡散を煙流で表現する。場が定常の場合の濃度の空間分布を求めるのに適する。	
煙塊モデル (パフ)	拡散を煙塊で表現する。場が非定常の場合や静穏、微風時の濃度の空間分布が求められる。計算時間は煙流モデルより長い。	
箱モデル (ボックス)	箱内の濃度は一様と見なし、煙の流入出、箱内濃度について煙量の収支を計算する。広域汚染の計算に適する。	
原始モデル (拡散の微分方程式)	拡散の微分方程式を数値的に解く。拡散のモデル実験に適する。光化学反応、雨洗などのある場合にも適用できる。	
風洞と水路モデル (模型実験法)	地形の複雑な場合やダウンウォッシュのある場合の濃度予測に適している。気流のはく離のある場での拡散予測に使える。	

いま、煙流中の汚染濃度分布を正規分布とし、水平方向および鉛直方向それぞれのガウス分布の標準偏差を σ_y, σ_z とする。また地表面に達した汚染質は、そこで沈着や反応がなく、地表面で全反射すると仮定すると、地面を鏡面として虚像を重ねた分布で濃度が表わされる。そして濃度は水平、鉛直両成分の組合せから

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (7)$$

となる。前記の式において $z=0$ とおくと地表濃度を求めることができる。

$$C(x, y, 0; H) = \frac{Q}{\pi\sigma_y\sigma_zU} \times \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \times \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right] \quad (8)$$

これらの式において、拡散パラメータを、そのときの発生源の種類や気象条件等から適切に決定することが、拡散計算においてはきわめて重要であり、そのための手法が提起されている。以上に示したのは最も一般的に用

いられる煙流モデルと呼ばれるものであるが、そのほかにも第5表に示すような種々の拡散モデルがある。拡散計算の詳細については、紙面の都合上省略するので、文献を参照されたい。

まとめ

戦後のわが国における大気汚染は、昭和20年代から30年代初期に至る、すす、粉じんによる『ばい煙汚染』の経済復興期をへて、その後十数年間は、石油系燃料消費量の急速な増大に伴う硫黄酸化物汚染の高濃度期を迎え、大気汚染による環境問題は、最も社会的に注目されてきた。

硫黄酸化物による高濃度汚染の時期においては、濃度と気象条件との相関関係に関する調査研究の成果をもとにして、大気汚染予報、注意報等が発令され、緊急的な対策に活用された。しかし、昭和40年代後半に入って、硫黄酸化物汚染が危機的な状態を脱し、抜本的対策を旨とする段階に至って、その具体的な対策手法として、大気拡散モデルを用いてシミュレーションを行い、その結果が発生源に対する規制計画決定の重要な根拠として利用されるようになっていく。昭和53年度に大気汚染防止法に基づいて実施された硫黄酸化物の総量規制も、このようなシミュレーションを基礎に主要発生源に対する硫黄酸化物排出量の総量規制基準が決定され、大阪市において、昭和54年度以降、全測定局で厳しい二酸化硫黄の環境基準を達成したものをはじめ、全国的にも大きな成果をおさめている。

また、現在最も問題となっている窒素酸化物汚染対策

としても、固定発生源に対する総量規制の実施が昭和56年度に大気汚染防止法に基づいて決定され、近く大気拡散シミュレーション等を利用した総量規制マニュアルが環境庁から出されることになっている。

なお、暖候期に発生する光化学スモッグについては、現在においても緊急対策を必要とする注意報（1時間値0.12 ppm以上）が発令が行われており、そのため気象庁の大気汚染気象センターでは、その予報を大気汚染気象情報として、前日に発表している。しかし、光化学スモッグの抜本的対策を追求する立場から、これについてもシミュレーションのための調査研究がこの数年進められている。光化学スモッグについては、大気拡散モデルのほかに光化学反応を再現するための反応モデルを必要とし、炭化水素の排出量を把握しなければならないことなどから、まだ実用的なシミュレーションモデルを確定するには至っておらず今後の重要課題となっている。

文献

- 気象庁編、1976：大気汚染気象予報指針，日本気象協会。
- 森口 實，1961：大気汚染と制御（伊東暉自編），地人書館。
- 日本化学会編，1977：窒素酸化物，丸善 KK，100-123。
- 鈴木武夫，1972：環境の科学，毎日新聞社，52-55。
- T.R. Oke（斎藤直輔，新田 尚訳），1981：境界層の気候，朝倉書店。
- 大気汚染研究全国協議会編，1980：大気汚染ハンドブック（3）気象編，コロナ社。

（236頁より続く）

成した本は世界的にも見当たらない。大気の運動のかなりの部分が、もとをただせば何らかの不安定の結果として生じていることを考えれば、気象学、或いは地球流体

力学の視野に立った不安定論の本が登場しても良いような気がする。しかし、少なくともそういう時が来るまで、我々はこの本を手離すわけにはいかないであろう。

（新野 宏）