

79.517
111

除塵装置ハンドブック

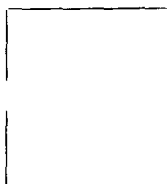
大気汚染研究全国協議会

第 五 委 員 会

編

31.01.17

コロナ社



昭和 38 年 3 月 10 日 初版印刷

昭和 38 年 3 月 15 日 初版発行

除塵装置ハンドブック
(Handbook on Dust Collection)

定価 1100 円

◎ 編 者 大気汚染研究全国協議会
第 五 委 員 会
(代表者 池 森 亀 鶴)
(東京都板橋区宮本町 27 番地)

発 行 者 藤 田 末 治
東京都文京区駕籠町 11 番地

印 刷 者 平 尾 秀 吉
東京都新宿区本村町 27 番地

東京都文京区駕籠町 11 番地

発行所 株式 会社 コ ロ ナ 社

振替東京 14844・電話 (941) 3136—8

(染野製本所)



編集委員

日本大学工学部	池 森 亀 鶴
東京大学工学部	森 芳 郎
理化学研究所	沢 畠 恭

執筆者

株式会社日立製作所日立研究所	橋 本 清 隆
株式会社日立製作所	夫 馬 英 二
富士産業株式会社	池ヶ谷 博
日本大学工学部	池 森 亀 鶴
株式会社ツバキ機械製作所	加 藤 雄 二 郎
名古屋大学工学部	木 村 典 夫
工業技術院電気試験所	木 脇 久 智
株式会社日立製作所川崎工場	西 岡 富 士 夫
三菱電機株式会社神戸製作所	斉 藤 寛
理化学研究所	沢 畠 恭
国立公衆衛生院	鈴 木 武 夫
株式会社土屋製作所	手 島 正 博
中央大学工学部	東 畑 平 一 郎
株式会社新技術社	臼 井 一 男

(ABC 順)

は し が き

わが国における大気汚染の存在と影響についての報告が発表され、その対策の必要性が述べられてから、すでに数年が経過した。しかし大気汚染の状態は年々悪化し、ついに世論がその対策を強く要求するに至り、その結果、昭和 37 年には「ばい煙の排出の規制等に関する法律」が公布、施行された。

大気汚染の対策は、根本的には汚染物排出の原因となるものへの対策であろう。たとえば燃料の適正な選択と、その正しい使用方法であろう。その点について、燃料においては熱管理の立場から古くより運動が行なわれてきたが、わが国のおかれている諸事情は、この問題を完全に解決するまでに至っていない。そこで、汚染物を社会環境へ排出するところで除去することが切に望まれる。しかし、一般的には汚染物排出除去のための施設に投資することは、そのこと自身生産の向上に直接につながらないので防止施設の設備は喜ばれていない。その一方には汚染物排出のための施設を設けた場合に、じゅうぶんな効果を發揮しないため、むだな投資をしたと思われる例も少なくない。

このような事情に処するため、本協議会は大気汚染防止のための技術の知識と、その正しい応用の普及を急務と考えた。そこで、田中楠弥太理事に世話人をおねがいし、除塵装置を主とするハンドブックの編集を計画し、その結果池森亀鶴教授を中心とする編集委員会が組織された。編集委員会においては工業高等学校卒業程度の学力で理解し得る啓蒙的のものであり、実際に施設を設けたいと思う人々が参考として利用でき、かつ施設を実際に使用する場合の性能がわかるようなものにしたいという方針をたてた。

その方針にしたがい、池森教授の非常な努力がここに結実し、本書を世の中に送ることができたのである。本書が大気汚染防止の推進に役立つことを切に望むものである。

最後に、本書の編集に努力された池森教授初め編集委員会の諸氏に深く感謝の意を表したい。

昭和 38 年 3 月

大気汚染研究全国協議会

会長 斎 藤 潔

06613

発 刊 の 辞

大気汚染研究全国協議会の中に第五(工学的対策)委員会が設けられたのは、同協議会が結成されてから1年後の昭和36年2月であった。それというのは協議会としてはまず大気汚染の実態と、これが植物や人体に及ぼす影響を調べることが先決問題であるということにあったようである。しかしそれまでに煤煙などによる大気汚染の外に、一般産業や工場などにおける工業粉塵ないし塵埃などの公害問題が叫ばれ、都市の環境衛生課あたりでは、その緊急対策を迫られていた。それで汚染の実態調査と並行して、日本人の技術でいますぐにも実施可能である効果的でしかもあまり価格の張らない煤煙除去装置や除塵装置の普及徹底、ないしは現在の除煙、除塵装置の改善活用を図るべきであるとしていたのは、あながち筆者一人ではなかったと思う。かくて一昨年(昭和47年)の第1回の本委員会において取り上げられた議題が、まず“除塵装置マニュアル”といったものを早急に編集発行し、これによってなるべく確実な除煙、除塵装置が急速に普及しかつ有効に稼動することを目指すということであった。爾来1年有半、各委員ならびにこの道の専門技術者の方々の御協力を得て、今回ここに本書の上梓を見るに至ったしだいである。

わが国で除塵装置に対する関心が高まり、これが粉体工学の一部門として取り上げられて活発な研究が開始されたのは、蓋し戦後のことに属する。爾来十有余年、日本における除塵工学の進歩は瞠目すべきものがあり、その技術もまた外国のそれを凌駕するものさえ開拓されている。それにもかかわらず、全般的に見て除塵装置の普及は思ったほどでなく、公害問題は最近ますます喧しくなっている。

除塵装置はなぜ普及し難いのであろうか。これについて聊かここに私見を述べさせて頂くならば、おおよそつぎの事項が挙げられる。

(1) 除塵装置は一般に粉塵の物理化学的性質ないし状態によって、その捕集性能が大きく左右される。したがってただ単に粉塵の粒度といったものだけを考慮し、その形状や吸湿性ないし帯電性や電気抵抗の相違などを無視して設計製作すると、思わぬ失敗を招くことがある。

(2) 電気的除塵装置は別として、一般に機械的除塵装置は他の機械類に比べて一見構造が簡単であるため、ただ単にその形状や構造のみを模倣し、粉塵

の挙動や、これが煤質である気体の流れに対する力学的な配慮を欠き、結果的に捕集可能な粉塵粒子までも、みすみすこれを逸出せしめている場合が多いこと。

(3) 優秀なる除塵装置を設置することによって、直接には勤労者の衛生環境が改善されて作業能率が向上するばかりでなく、間接にはその工場の生産品の品質向上にも役立つといった事実にもかかわらず、除塵装置が生産に直結しないという当面の理由から、ややもすればこれに対する投資を渋ること。

(4) 一般に除塵装置の除塵効率と、これが保守運転費を含めた施設費との関係は、巻末の付録に示すように、これらを両対数紙上にプロットすると直線関係で表わされる。たとえば同一の含塵ガスを同量処理する場合、除塵率 90% の装置と 99% のそれとは、後者は前者の 2 倍の価格となる。あるいは 99.9% の性能を有するものは 99.0% のもののさらに 2 倍にはね上がるがごときである。このため性能は少々悪くても安価なものを購入するということになりやすく、その結果として公害問題が未解決のまま残されがちであること。

(5) 除塵装置の保守運転に対する技術的な配慮を欠き、除塵装置本体のガス漏れや配管の不手際、あるいはこれが空気源となる機械との適正な組み合わせを誤まり、せっかくの本来の除塵性能を矯めて使用している場合が多いこと。

現在わが国においては、以上述べた事柄が錯綜し、その結果として除塵装置の性能に対する不信心といったものが一般に強いようである。本書の執筆者はいずれも多年にわたって粉体工学ないし技術と取り組み、この道一筋に生きてきた権威ないし専門家揃いである。その記述は平易簡明を旨とし、装置のメーカー、ユーザーおよび環境衛生の管理行政に当る方々といった広範囲にわたる利用を目指したものである。これによって良き除塵装置が合理的な価格で急速に普及することにもなれば、本委員会はその責任の一端を果し得るというものであろう。なお本書の刊行は拙速主義を旨としたため、不備や誤りも多いことと思われるが、これについては増補改訂を目論んでいるので、願わくば読者諸賢の御叱声と相まって、他日これが完璧を期したいと念じている。

昭和 38 年 3 月

大気汚染研究全国協議会第五委員会

委員長 池 森 亀 鶴

目 次

1. 大気汚染概要

1.1 はしがき	1
1.2 大気汚染の現状	2
1.3 大気汚染の機構	3
1.4 大気汚染物	5
1.5 大気汚染の影響	7

2. 粉塵および気体の性質

2.1 粉塵の性質	9
2.1.1 粉塵と除塵装置	9
2.1.2 粒子、煙霧体、粉塵	10
2.1.3 粒子の形態	10
2.1.4 比表面積	15
2.1.5 粒子の凝集	15
2.1.6 付着現象	18
2.1.7 粒子の荷電	19
2.1.8 粉体層の空隙率	19
2.1.9 安息角	19
2.1.10 粉体の安定性と粉塵爆発	22
2.2 気体の性質	23
2.2.1 除塵装置と処理ガスの特性	23
2.2.2 空気の性質	24
2.2.3 有毒ガスと爆発性ガス	25
2.2.4 燃料の燃焼と燃焼ガス	27
2.2.5 気体の密度	28
2.2.6 気体の粘度	30
文 献	33

3. 流 れ 学

3.1	気体の役割とその性質	35
3.2	静圧、動圧および総圧	36
3.3	圧力および風速の測定法	39
3.4	ベルヌーイの定理	40
3.5	流体の流れの本質	42
3.6	管内の流れの圧力損失とレイノルズ数	44
3.7	円管内の速度分布	48
3.8	静止した気体中を落下する粒子の運動	51
3.9	水平気流中における粒子の加速運動	53
3.10	粉塵の輸送風速	54
3.11	気体中の粒子の凝集	57
3.12	ベンド内の流れと粉塵粒子の挙動	60
	文 献	62

4. 除塵装置の形式と選定

4.1	まえがき	63
4.2	工業粉塵の種類	63
4.2.1	粉塵およびミスト	64
4.2.2	粉塵の形状と大きさ	64
4.2.3	吸引フッドの決定	65
4.3	除塵装置の選定	67
4.3.1	重力沈降室	67
4.3.2	慣性分離器	68
4.3.3	遠心力除塵器	68
4.3.4	濾過除塵装置	68
4.3.5	洗浄除塵装置	68
4.3.6	電気集塵装置	69
4.3.7	組み合わせ除塵	72
4.4	除塵装置の価格	72
4.5	除塵装置の捕集率	73

5. 慣性除塵装置

5.1 まえがき	74
5.2 サイクロン除塵器	75
5.2.1 サイクロン内の流れ	75
5.2.2 分離限界粒子径	75
5.2.3 圧力損失	78
5.2.4 各種サイクロンの基本特性	79
5.2.5 サイクロンの大きさ	80
5.2.6 サイクロンの形式	81
5.2.7 サイクロン取扱い上の注意	85
5.3 その他の慣性除塵器	88
5.3.1 簡単な慣性除塵器	88
5.3.2 慣性除塵器の利用面	90
文 献	90

6. 濾 過 除 塵

6.1 濾過除塵の原理	92
6.1.1 まえがき	92
6.1.2 ダストの捕集機構および捕集効率	93
6.1.3 圧力損失	96
6.1.4 捕集効率と圧力損失との関係	100
6.1.5 濾材の選択	100
文 献	102
6.2 濾過除塵装置	103
6.2.1 まえがき	103
6.2.2 形式と特性	106
6.2.3 運転と保守	115
6.2.4 使用材料	116
あ と が き	117
文 献	118

7. 洗 浄 除 塵

7.1 洗浄除塵の原理	119
7.1.1 定義	119
7.1.2 洗浄除塵の特色	119

7.1.3	洗浄除塵の機構	120
7.1.4	洗浄除塵における作業因子の影響	122
7.1.5	洗浄除塵法を選択する条件	124
7.2	洗浄除塵装置	124
7.2.1	噴霧形式	124
7.2.2	水ジェットスクラパー	125
7.2.3	オリフィススクラパー	125
7.2.4	ベンチュリースクラパー	126
7.2.5	ベンチュリーウォッシャー	126
7.2.6	ビーボディースクラパー	127
7.2.7	サイクロンスクラパー	127
7.2.8	スプレーサイクロン	128
7.2.9	機械式スクラパー	129
7.2.10	その他の洗浄除塵装置	129
7.2.11	スクラパーの組み合わせ	129
7.3	洗浄除塵装置の設置に対する注意	130
7.4	洗浄除塵装置の使用例	132
7.4.1	開放型電気炉用洗浄除塵装置	132
7.4.2	酸素吹き製鋼における洗浄除塵装置	134
7.5	計算例	136
7.5.1	ベンチュリースクラパー	136
7.5.2	サイクロンスクラパー	140
文 献		145

8. 電気集塵装置

8.1	電気集塵の原理	146
8.1.1	電気集塵の一般的原理	146
8.1.2	電気集塵装置	146
8.1.3	電気集塵の基礎	147
8.1.4	除塵作用に関係する要素	152
文 献		154
8.2	電気集塵装置	155
8.2.1	電気集塵の対象としてみた煙霧体の性質と状態	155

8-2-2 電気集塵装置の要素	161
8-2-3 形式の種類とその選定要領	161
8-2-4 構造	162
8-2-5 運転と保守	182
8-2-6 電気集塵の実例	186
文 献	190

9. 空 気 清 浄 器

9-1 機械式空気清浄器	192
9-1-1 まえがき	192
9-1-2 車両用空気清浄器の形式と特性	192
9-1-3 ルームクーラー用空気清浄器	199
9-1-4 性能	201
9-1-5 取り扱いと保守	206
文 献	208
9-2 電気式空気清浄器	208
9-2-1 まえがき	208
9-2-2 構造と機能	209
9-2-3 除塵効率	218
9-2-4 適用上の注意事項	220

10. 付 属 装 置

10-1 フッド, ノズル	225
10-1-1 定義	225
10-1-2 形式, 構造	226
10-1-3 フッドの気流特性および抽気風量	227
10-1-4 フッドの計画	230
10-2 ダクト	235
10-2-1 定義	235
10-2-2 速度	235
10-2-3 形状と圧力損失	235
10-2-4 ダクトの構造および計画上の注意事項	243
10-3 抽気機	244

10・3・1	送風機の基礎知識	244
10・3・2	送風機の種類とその特性	245
10・3・3	送風機の所要動力	251
10・3・4	風量調節方法	251
10・3・5	選択, すえ付け上の注意事項	252
10・4	水ポンプ	253
10・4・1	ポンプの揚程	253
10・4・2	口径と水量	257
10・4・3	ポンプの動力	257
10・4・4	流量変化方法	259
10・4・5	ポンプの選定に関する事項	259
10・5	粉塵処理および排水処理	259
10・5・1	乾式法	260
10・5・2	湿式法	260
文 献		263

11. 除塵装置試験法

11・1	粒径分布測定法	264
11・1・1	粒径分布の測定と除塵装置	264
11・1・2	光学的顕微鏡	265
11・1・3	篩別法	266
11・1・4	沈降法	269
11・1・5	空気透過法	276
11・2	流量測定法	278
11・2・1	流量と除塵装置	278
11・2・2	流速の算出と流量の求め方	279
11・2・3	測定上の注意点	279
11・3	粒子濃度測定法	280
11・3・1	粒子濃度と除塵効率	280
11・3・2	等速吸引と粉塵捕集装置系統	281
11・3・3	粉塵捕集装置	283
11・3・4	質量基準によらない粒子濃度の測定法	285
11・3・5	、リンゲルマンチャート	286

11・3・6 ガス中の水分の測定法	287
11・4 除塵装置の圧力損失の測定	287
11・5 試験用粉体	289
11・5・1 試験用粉体の特長	289
11・5・2 試験用粉体の製造法	293
11・5・3 試験用粉体の検定法	294
11・5・4 試験用粉体の使用法	294
文 献	296

12. 大気汚染法則

ばい煙の排出の規制等に関する法律

ばい煙の排出の規制等に関する法律施行令

付 録

1. 各種除塵装置の性能一覧	313
2. 各種工業用除塵装置の適用範囲	326
3. 各種除塵装置の経費の比較	327
4. 特殊なグラフ用紙の解説	328
5. 基礎的定数	333
6. 基礎単位の換算	333
7. 粒子濃度の単位と換算	337
8. 図形の面積, 体積, 表面積	337
9. ガス管の寸法	338
10. 流量, 流速, 管内径の関係	339
11. 気体の粘度	340
12. ガスと耐食性金属材料	341
13. 除塵装置に関する同義の熟語	342
14. ギリシャ文字	344

索 引

1. 大気汚染概要

鈴木 武夫

1.1 は し が き

産業の発達、人口の集中、交通機関の発達に伴ってひき起こした諸問題の一つに大気汚染がある。大気汚染問題は都市衛生の問題として発展したのであるが、現在では都市衛生以上に拡大されたといってよい。いまや世界各国を通じて一つの社会問題となっており、各国ともその対策に苦しんでいる。

かつて大気汚染は都市の重要課題であり、現在もまたそうであるが、しだいに全国的の範囲に広がってきた。第二次大戦中より始まった工場の地方分散は、大気汚染問題を地方にまで持ち込んでいる。

資本主義体制下での私的企業の自由競争のゆきすぎの結果と考えられ、また社会的費用の分担の問題としても重要な項目の一つとなっている。すなわち、かつて、われわれの生活環境下の問題は、行政当局の責任において、換言すれば、税金によってその対策が進められたのであるが、大気汚染は汚染物の排出者——多くの場合は私的企業、ときに公的企業——がその対策の一部を社会的費用として分担すべきであるとの考え方がいまや常識化しつつあるといえるものである。もっと単的にいえば、対策のための費用は社会に対する責任として、当然排出者が受け持つべきものであるという考え方である。また大気汚染は資本主義体制の急速な発展をはかるための経済的活動の自由競走がいきすぎ、その結果、経済活動の権利に対する社会的制約を無視した結果としての、権利の濫用問題とも考えられている。

大気汚染の対策を考える場合に、その基礎となる考え方はニューザンス(Nuisance)——生活妨害——という概念である。これは英国で発展し、いまは世界各国で採用されている概念であり、加害者が被害者に対し直接的物理的襲撃——身体もしくは財産に対し——を加えることがなくても、被害者の権利行使を妨害し、現実の不便、不快、不利益を与えて損害を加える行為をいっている。すなわち、大気汚染が健康障害、農作物被害、器物損傷という明らかな影

響を示せばもちろんのこと、このような明らかな影響が現われなくても、人々が不快、不便、不利益と考えれば、それは生活妨害であり不法行為と考えるのである。この生活妨害には公的と私的とあり、前者は加害者が不特定多数または少数であっても、被害者が不特定多数の場合にあてはまり、後者は加害者と被害者との間の関係に明らかに因果関係が見出されるものをいう。行政的対策として前者は公法的立場であり、後者は私法的立場である。大気汚染の防止技術からいえば、前者の場合は排出基準を守れば良いが、後者の場合は定められた排出基準を守っていても、損害賠償問題になる場合があり得る。

大気汚染として総括しているものは、煤煙、粉塵、ガス、ミスト、フュームそして悪臭である。石炭燃焼、石油燃焼、製鉄、製鋼、化学産業、そして自動車の排気がその主なる原因であろう。

1.2 大気汚染の現状

大気汚染の状態を何で表現するかについては、議論の多いところである。技術が許されれば、大気汚染を形成する汚染物一つ一つの物理的・化学的測定、殊に空気中に長く浮遊する物質の濃度測定が行なわれれば、影響という立場からは望ましい。しかし現実には、測定が容易な物質はまた限られている。後述するように、生活環境における大気汚染の許容濃度というものは、異常に低い。また大気汚染の状態は常に動揺をくりかえしているのであるから、真の姿を捕えることは多くの困難性があり、今後の開発が望まれている。

現在、日本の多くの大都市、工業都市では降下煤塵量の測定が行なわれている。また亜硫酸ガス(二酸化いおうガス)の測定も比較的広く行なわれている。いずれの場合も地方自治体を中心となって測定しているので、比較的容易な方法であり、また大気汚染というものの状態の年次、月次の比較に使われている測定法であり、大気中汚染物濃度を測定しているものではない。降下煤塵量の測定は、これを長期間行なえば、その地区の大気汚染の性格を知ることができる。殊に石炭燃焼による大気汚染、微粒子状粉塵の飛散による大気汚染の状態を知るに便である。長期観測の結果からわれわれはその地区の大気汚染対策の効果判定、石炭燃焼効率、汚染の分布とその変動を知ることができる。この降下煤塵量の各地の測定値から、日本の現況を、降下煤塵を指標として総括すると、つぎのようである。

(1) わが国の大気は世界各国に比し、異常に汚染されている。日本の都市計画の不備ないし計画の実施を妨げている諸事情——基本的には土地問題——

のため、一般住宅地区が工業からの大気汚染の影響を強く受けている。

(2) 都市の空間を広く汚染していることに、工業殊に大企業がその責任を負わねばならない。中小企業がその下で局所的汚染を巻き起こしている。一般住宅からの汚染物排出は欧米では大気汚染の責任の半分を負っているが、わが国ではまだ問題にならない。また市民の訴えは、都市全体の汚染には向けられることが少なく、局所的汚染を起こしている中小企業に向けられている。すなわち、公的生活妨害への訴えは少なく、私的生活妨害への訴えが多い。

(3) 大企業の燃焼設備は完全燃焼に近いので、粉塵、灰分、ガス汚染であるが、中小企業、住宅などでは煤煙汚染の段階である。大気汚染防止技術の採用に格差がみられる。現在の大気汚染の主役は、日本ではまだ石炭燃焼に求められるが、同じ石炭の燃焼による大気汚染といっても、燃料の質および燃焼設備が異なることによって大気汚染の状態は異なる。

(4) 現在では石炭燃焼が問題であっても、近い将来には石油系燃料の消費増加、化学産業の発達とともに、ガス汚染とくに亜硫酸ガス汚染に注目せねばならないときがくる。すでに大都市都心部、一級国道筋の自動車排気ガスによる汚染は激しいものがある。

(5) 日本の大部分の工場で使用している石炭は灰分の多い低品位炭であるが、このことが大気汚染をはなはだしくしている原因である。日本の大気汚染対策、殊に粉塵対策に対する投資額は、これを発生熱量あたりにすれば、諸外国より多額を必要とすることに注目しておかねばならない。

(6) わが国の大気汚染が降下煤塵量を指標とするかぎり激しいものであるが、一部の都市では工場側と市当局者との努力と、それに対する世論の支持によって、大きな粒子の汚染の減少に成功を収め、大気汚染対策に明るい見通しをもっている所も出てきた。しかし微粒子状粉塵、ガス汚染に対してはまだ効果を取めたとはいえない。

1.3 大気汚染の機構

大気汚染物の排出によって大気汚染をひき起こす機構は図 1.1 のとおりである。大気中の汚染量は人間生活、生産活動と気象条件との相互作用で決定される。人間の生活、生産活動によって、汚染物の排出量は左右され、その汚染物の拡散は気象条件により決定される。すなわち同量の汚染物の排出があっても気象条件いかにによって大気汚染の状態は変化する。また地理的条件は当然その地区の局所の気象条件に強く影響を及ぼすのであるから、大気汚染の立場

1. 大気汚染概要

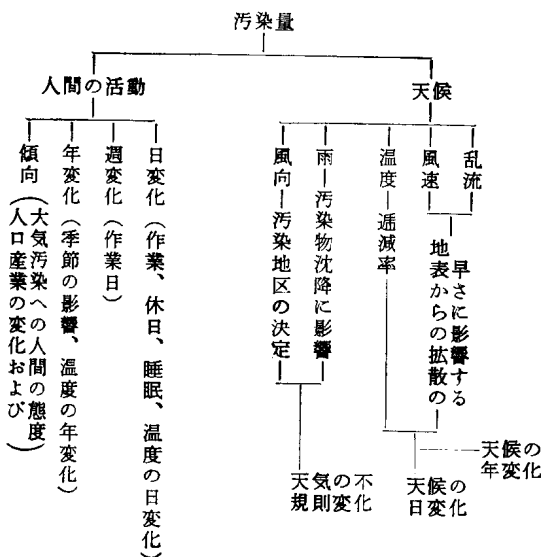


図 1-1 大気中の汚染量を左右する条件

から、当然顧慮せねばならない。盆地、渓谷での工場、殊に汚染物排出を伴う工場の建設にはじゅうぶんな注意が必要である。すなわち排出される汚染物の量だけで、その排出防止技術の内容が決まるのではなく、その土地の地理的条件や気象条件を考慮して排出施設は決定される。個々の指導、個々の設計、そして正しい維持管理が強く望まれるのである。

風向は、汚染地区を決定する。その土地の主風向の風下に住宅地区を設定することは好ましくない。だから東京、大阪は冬、名古屋、川崎、尼ヶ崎などでは夏、市内汚染が激しくなる。気温は月変化、年変化によって、一般的な乱流の程度を決定し、太陽からのふく射または地表からのふく射と関連して、時間的に不規則な温度こう配を形成し、汚染物の拡散定数を決定する。大気中の気温の通減率の程度は、拡散に大きな意味をもち、ことに大気の安定度は、地表面汚染に影響するところが大きい。逆転層の存在がとくに重要な意味をもってくる。風速および乱流は地表からの拡散の早さに影響する。雨による微粒子粉塵やガス状物質の清浄作用は疑問であり、感覚的に認められるほど大気清浄化には役立たない。大気汚染は日の出および日没後2～3時間のときに最も激し