

浮遊煤塵による京浜工業地帯とその 周辺地域の大気汚染性状 (1)*

氷 見 康 二**

要旨: 京浜工業地帯とその周辺地域の浮遊煤塵による大気汚染性状を検討するため、この地域内5カ所でロ紙式空気汚染計により大気中の浮遊煤塵濃度を測定し、あわせてロ紙式空気汚染計による測定について吟味した。

浮遊煤塵濃度は午前と午後にあられる1日2度のピークを有して日変化し、暖期より寒期が、日曜日より週日に大であったが、これらの変動は気象条件、人間活動により測定地点によって相違があった。またその経日変動係数は暖期より寒期に、非工業地帯より工業地帯において小であった。

なおロ紙式空気汚染計による測定値 P は相対値であるが、電気集塵器ではかった浮遊煤塵重量濃度 W と、実際の汚染大気を対象にしても直線的な高度の正の相関関係にあり、 P なる値で大気汚染を論じることは十分意味のあることがみとめられた。

1. 緒 言

工業都市の大気汚染は、最近工業の発達にともなう各種工場から放出される煤煙、塵埃、ガス等の大気中への廃棄物量の増加によって多く人々の注目をあびるようになったが、その多方面にわたる影響、幾多の原因、防止対策の困難性等から考慮し将来深刻な社会問題になるものと予想される。

著者は、京浜工業地帯の大気汚染の実態を把握し、その防止対策の確立に寄与する目的で煤煙、塵埃（以下煤塵と略記）に着目して長期にわたっての測定に着手した。

さて工業地帯の大気汚染物としては、種々の有害ガスも重要なものであるが、いわゆる煤塵は粒子状固体汚染物として主要なもので、平均粒径 0.075μ といわれている煤煙を主体として大気中に浮遊し、ガスのように行動する粒径2または 3μ 以下の微細な浮遊煤塵と、比較的大粒で灰を主体とする降下煤塵とにわけられる。

そしてこれらを測定すれば大気汚染を二面に考察するうに、煤塵亜硫酸ガスとともに大気汚染の主原因と考えられている燃料の燃焼の結果発生する主要汚染物で工業都市の大気汚染物として大きな分野を占めているので、大気汚染程度をあらわす指標と考えられ、これについて考察すれば、他の汚染物による大気汚染もある程度

推定出来るし、煤煙問題が京浜工業地帯で多くの人々の注目をあびているので煤塵に着目してこの地域の大気汚染について検討することにしたのである。

測定開始以来主として定点測定による汚染物の変動、大気中の浮遊煤塵の拡散等について考察し^{1)~4)}、京浜工業地帯の大気汚染についての基礎的考察を行った。

さて大気汚染についてその原因的考察と他地域への影響考察を行い、更にその性状を明らかにすることは上述の基礎的考察とともにその防止対策を検討するうえに不可欠なことであるが、このためには汚染地域とその周辺の汚染物の変動の相違と水平分布を知ることが必要と考えられる。

そして京浜工業地帯の降下煤塵、亜硫酸ガスの月単位の測定によるこれらの変動、水平分布の考察はすでに報告されているが、浮遊煤塵については見当らない。

更に浮遊煤塵は毎時刻連続して測定出来るし、前述の基礎考察の結果から同地帯の大気中の浮遊煤塵は複雑に変動し、広範囲に拡散移動するので^{1)~4)}、その変動の地域的相違と水平分布を考察することは、大気汚染の原因的考察、影響考察を行うのに極めて重要な意味を持ち、気象学的に妙味あるものと考えられる。

このため、京浜工業地帯とその周辺地域内5カ所で、ロ紙式空気汚染計（エアサンプラー）により大気中の浮遊煤塵濃度を測定した。

本報ではまず浮遊煤塵濃度の変動について考察し、同地帯とその周辺地域の大気汚染性状につき知見をえたので報告する。

* Atmospheric Pollution due to Suspended Dust and Smoke in Keihin Industrial Area and its Suburban Area (1)

** Yasuji Himi, 神奈川県工業試験所—1961年6月9日受理—

2. 測定方法

a) 大気中の浮遊煤塵濃度測定法とその吟味

鈴木, 興^{5), 6)} が, Davidson ら⁷⁾ の計器を改良して発案したロ紙式空気汚染計を用いた。この場合, ロ紙移動時刻は毎時30分とし, ロ紙上にえられた煤塵によるスポットの反射吸光度測定の結果(1)式で示す P なる値で, 毎正時刻を中心とした1時間の平均浮遊煤塵濃度を表示した。

$$P = (E - E_0) \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

ここに E , E_0 はスポットおよびロ紙の反射吸光度で, 日立製作所製 EPBR 型光電光度計で測定した¹⁾。

さて P なる値は, 単に大気中の浮遊煤塵の変動を表示する相対値で, これをコ数または重量濃度で直接示した値でないことは前報¹⁾で述べたとおりである。

そして前述のように浮遊煤塵は 2μ または 3μ 以下の微細なものといわれているが, これを検討するため著者は労研式塵埃計で京浜工業地帯において大気中の浮遊煤塵

を捕集し, 写真1, 2に示すその電子顕微鏡写真をえた。

この場合煤塵の捕集に当っては集塵用カバーガラスにシートメッシュをコロジオン膜であらかじめはりつけて集塵し, 捕集煤塵の電子顕微鏡観察を容易にした。

写真1は川崎市南部の臨海工業地帯上空約100mでヘリコプター上より, 写真2は工業地帯道路で捕集したものであるが, 上記のことは京浜工業地帯でも正しいことが示されており, 更に浮遊煤塵は, 種々の粒径のものがあることがわかった。

しかるに興⁶⁾は, ロ紙式空気汚染計の捕集率は 2μ 以下の粒子については低下すると述べており, 更に煤塵の比重, 色彩等は地域, 時刻によって相違があるものと予想されるので, P なる値について実際の汚染大気を対象にして吟味する必要があると考えた。

そこで著者は後述する測定地点Aの東南東約1kmの工業地帯にあるA'地点と住宅商業地帯E地点で, ロ紙式空気汚染計と興⁶⁾が発案した電気集塵器とによって同時に大気中の浮遊煤塵を捕集し, P と大気中の浮遊煤塵重量濃度 $W \text{ mg/m}^3$ とを測定して実際の汚染大気を対象にし P と W の関係を実験的に求めた。

この場合, 電気集塵筒には吸湿性が少なく, 重量変化小なるアルミニウム箔製円筒を用い, 汚染大気吸引前後5分以内にセミマイクロ天秤でその重量を 0.1 mg まで精秤してロ紙式空気汚染計のロ紙移動時刻¹⁾に集塵筒を交換して W を求めた。

第1図はA'地点でえた P , W の関係を示したもので, P と W の相関係数 r は 0.83 で相関は危険率 0.1% で有意であった。また相関比 η は 0.87 で F 分布により r と η の食違いを検討した結果, P と W は直線関係にあることがわかった。

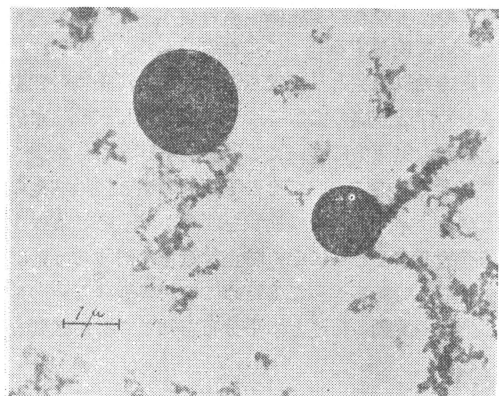


写真1 浮遊煤塵の電子顕微鏡写真

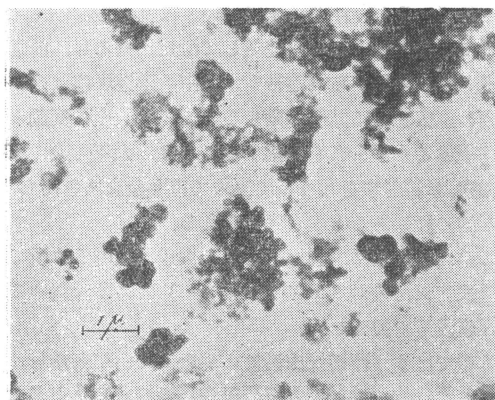
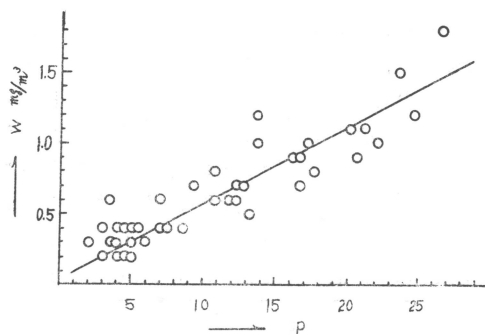


写真2 浮遊煤塵の電子顕微鏡写真



第1図 A'における P , W の関係

更にE地点における実験結果から同様計算したところ r , η はそれぞれ, 0.85 , 0.86 で相関は危険率 0.1% で

有意であって、両者は直線関係にあることがわかった。

以上により実際の汚染大気を対象にしても、 P と W は工業地帯、非工業地帯にかかわらず高度の有意の正相関関係にあり、その相関は直線的で P なる値は大气中の浮遊煤塵重量濃度を十分表示していることがみられた。

この意味で P を従来浮遊煤塵量といていたが、今後浮遊煤塵濃度指数と呼び、浮遊煤塵濃度と同義語として従来同様この値でこの地域の浮遊煤塵による大気汚染について検討することにした。

なお以上のことは Davidson⁹⁾ もみとめており、 r を0.88と計算し著者と大差のない値を出している。

また W の P への回帰直線はA'地点では(2)式、E地点では(3)式のようにになった。

$$W=0.053 P+0.04 \quad \cdots \cdots (2)$$

$$W=0.043 P+0.15 \quad \cdots \cdots (3)$$

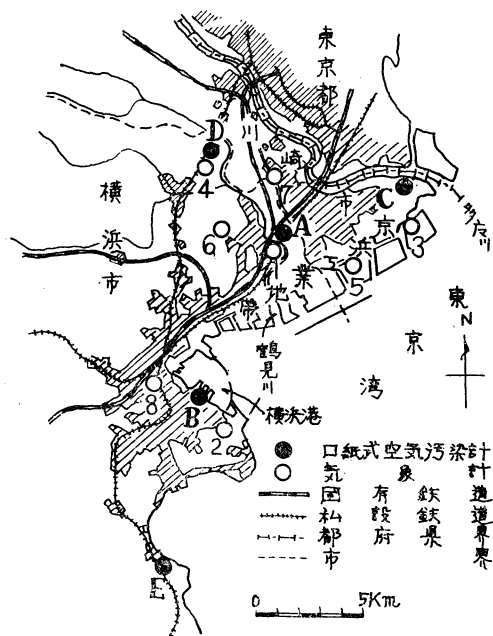
なお P なる値は、興が出しているスポット定量値 Y と(4)式に示す直線関係にある。

$$Y=0.0237 P \quad \cdots \cdots (4)$$

b) 測定地点

前記の目的のため第2図に示すA～E地点に口紙式空気汚染計を設置して毎時刻の P を測定した。

また1, 3～8にある自記式風向、風速計および2にある横浜地方気象台より風向、風速のほか各種気象データを入手し各種気象要素の影響について考察したが、こ



第2図 測定地点

れについては続報で述べることにする。

第2図中斜線部分は市街地で、京浜工業地帯は図に示したように海岸に沿って発達している。

さてこの地域における工場の発達、川崎市南部から横浜市東南部の臨海工業地帯は別として、必ずしも地域的に集中しておらず、中小工場についてはむしろ散在しているのが実状であるため、これら浮遊煤塵濃度測定地点付近の用途別性格を的確に表現することは困難であるが、一応第1表のようになると考える。

第1表 浮遊煤塵濃度測定地点付近の用途別性格

測定地点	地域区分	特徴
A	工業地帯	工業地帯中心部に近く、工場存在
B	商業地帯	横浜市中心市街地、オフィス街
C	工業地帯	大小工場存在
D	住宅地帯	学校、病院、住宅存在
E	住宅・商業地帯	住宅、商店存在

c) 測定期間

5カ所の測定地点で、口紙式空気汚染計のような自動計器を同時に無人運転して大気中の浮遊煤塵を連続捕集することは、計器の故障、停電、測定地点の確保等を考えると、かなりの困難がともなうと考えたので、たとえば1年間にわたるような長期連続測定を行うことはさけて1958年8, 11月, 59年2, 5月にそれぞれ1カ月間延4カ月間測定を実施し、えたデータを分析した。

3. 測定結果と考察

a) 測定回数

前述の測定期間中毎時刻の P を測定したが、若干の欠測を生じた。第2表は、 P の測定回数を測定地点別、月別に示したもので、1月672～744時間のうち約70～80%以上の測定を実施することが出来た。

第2表 測定地点別、月別浮遊煤塵濃度指数測定回数

月	A	B	C	D	E
1	720	638	691	620	706
11	715	717	698	597	712
2	672	671	471	637	672
5	649	657	733	730	741

また5カ所で同時に P が測定された回数は第3表のとおりである。

第3表 月別の浮遊煤塵濃度指数同時測定回数

月	8	11	2	5
測定回数	484	587	467	547

そして各測定地点の変動について考察するには第2表の実測値度数分布については第3表のデータを用いた。

b) 各測定地点における浮遊煤塵濃度の変動

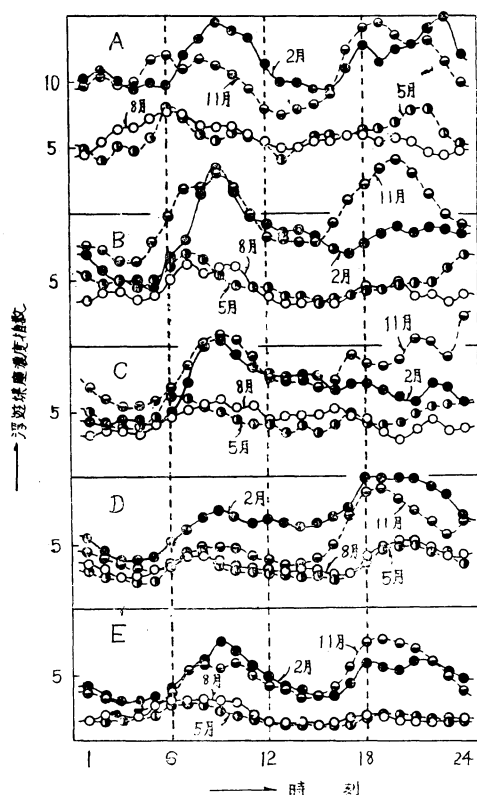
1) 日変化

大気中の汚染物の日変化は、極めて興味ある問題としてとりあげられ、多くの研究結果が発表されている。

すなわち、Davidson⁹⁾、Greenburg ら¹⁰⁾は New York で、鈴木、興ら^{5), 6), 11)}は東京において考察しており、更に Leicester¹²⁾における結果も発表されている。

そしてこれらの報告が一致してみとめているのは、地域により若干の相違はあるが、午前と午後にあられる1日2回のピークが存在であって、著者¹⁾もすでに浮遊煤塵についてこの事実をみとめており、この日変化の型は汚染物の日変化の基本的なものであろうと考えている。

第3図は、測定地点別、月別、時刻別に P を平均して浮遊煤塵の平均日変化を求めた結果を示したもので、季節、測定地点により相違はあるが、まず前述の傾向がみとめられる。



第3図 測定地点別、月別浮遊煤塵濃度平均日変化

さて日変化がこのような傾向をとるのは、石炭の消費量とその燃焼効率、他地域からの汚染物の移動および乱流のためであると説明されている¹²⁾。

そして第3図からピークの時刻の季節変化と日出、日没時刻のそれが一致する傾向がみとめられるところから、日変化におよぼす太陽放射による乱流の影響は大きいものと考えられる。

まず午前のピークであるが、New York^{9), 10)}、Leicester¹²⁾ではみとめられていないが、第3図に示されているように、これが二つにわかれていた場合が多い。

これについて鈴木、興ら^{6), 11)}は午前中のピークは人間活動の開始による汚染物放出量の増加と、いわゆる Hewson¹³⁾ のいう fumigation とにより生ずるもので、これらの現象が日出時刻が早いため日射の強弱により暖期には二つにわかれて発現するが、寒期は日出時刻がおそく両者が時刻的に接近して発現し更に暖房のため前者の影響が大きくなるのでピークは一つになると説明している。

なお第3図に寒期でも午前中のピークが二つになる場合があるが、この理由は明らかでない。

そして浮遊煤塵濃度は日中なり日射の増加による大気的不安定化により減少するが、日没後下層大気が安定化するため増加の傾向をとり、夜間この安定層の発達と人間活動の停止により再び減少し午後のピークを作る。

さてこの午後のピークは New York^{9), 10)} Leicester¹²⁾では午前のそれより低くなっているが、第3図では寒期に反対の場合の多いことが示されている。このことは、著者も、鈴木、興ら^{6), 11)}もすでにみとめているが、欧米では家庭からの煤塵放出量がわが国より大¹²⁾なるためと考えている。

以上のように第3図の結果と他の報告との間には、類似点、相違点があるが、5つの測定地点の間にも主としてピークの高さ関係について相違がみとめられる。

この理由を明らかにすることは困難であるが、まずAでは寒期に午前のピークが午後より低く、暖期には等しいか高く、従来のわが国の報告と一致しており、Bでは暖期に二つのピークはほぼ等しく、寒期午前中のピークが $P=13\sim14$ で非常に高くなっている。

これはB付近に多い大型ビルの暖房用ボイラの燃焼炉が午前中燃焼効率が低いので、多量の煤煙が寒期の午前中に放出されているためであろうと考えている。

またこの地域では寒期に N~NE の風が午前中に主に吹く¹⁴⁾ため、工業地帯の煤塵がより多くB付近に午前中

拡散移動してくるもの²⁾のも一つの原因と思われる。

次にはCはほぼBに類似しているが、寒期の午前中のピークがBほど高くないので、B付近のビル暖房は大气汚染にかなり大きな影響を与えていると考えている。

更にDでは、季節に関係なく午後のピークが高くなっているが、これはこの地方ではS~SEの風が午後により多く吹くためと考えられ、Eの午前中のピークが高いのも風が午前中に多い¹⁴⁾ためと思われる。

そしてこのことは、D、E、付近に強力な汚染源のないことも示しているわけである。

以上により日変化は、基本的には前述の四つの原因によって定まり、ほぼ同様な傾向をたどるのであるが、これらは地域により異なるため、日変化も測定地点により相違を示すものと考えられる。

2) 年変化

大气中の汚染物の年変化は、すでに述べたとおり、冬季の暖房¹⁾、大気安定度³⁾のため、冬季に大となっている。

そしてこれは多くの人々によりみとめられている。

またこれは第3図からも明らかであり、測定地点に関係なく成立するものと考えられる。

3) 週変化

週変化は、工業都市の性格をあらわすものと考えられており、一般に人間活動の週を単位とした週期性により週末に汚染状況が低下する特徴を有している^{1), 11), 12)}。

第4図は、天候、季節、気象条件に関係なくPを曜日別、測定地点別に平均して測定地点別に浮遊煤塵濃度

の平均週変化を求めた結果を示したもので、上記の傾向がみとめられるが、これも測定地点によって相違があるように考えられる。

第4表は、一般の工場、事務所等が休日で、人間活動が低下すると考えられる日曜日のPの平均値の他の週日のそれに対する百分率を測定地点別に計算した結果を示したもので、百分率は70.6~90.8%であるが、Leicester¹²⁾では34~122%となっており、かなり相違があることがわかった。

第4表 日曜日の平均浮遊煤塵濃度の週日のそれに対する百分率

測定地点	A	B	C	D	E
%	79.3	77.7	70.6	90.8	81.7

そしてこの値は、A、B、Cのように工場や官庁、商社等の大型ビルが存在する地点ではD、Eのような住宅地帯の地点より小となっており、前者の方が週変化の上記の傾向が比較的顕著にあらわれていることを示している。このことは、工業の操業、官庁、商社等の大型ビルの暖房の汚染物放出の週変化の規則性のよきから、これらは住宅よりも大気汚染におよぼす影響が大きいことをあらわしているものと考えている。

4) 経日変化

汚染物の経日的な変化については説明出来ない部分が多いといわれており⁹⁾、これは大気汚染を支配する気象要素等各種因子に定まった経日変化を期待出来ぬためと考えている。

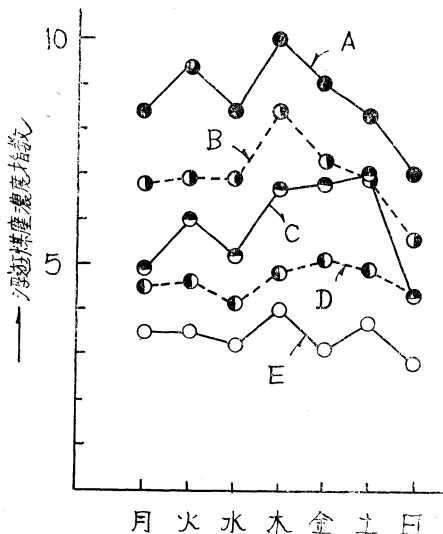
著者はおもに各測定地点における浮遊煤塵濃度の変動程度を知るため、測定地点、月別にPの日平均値の変動係数を求め第5表の結果をえた。

この場合この値を浮遊煤塵濃度の経日変動係数ということにする。

第5表 測定地点別、月別浮遊煤塵濃度経日変動係数(%)

	8	11	2	5
A	24.5	28.0	29.7	30.2
B	52.4	32.2	33.8	35.4
C	31.2	35.1	38.7	25.7
D	45.8	29.0	30.2	40.0
E	70.5	45.7	46.8	68.0

経日変動係数は、24.5~70.5%で、暖期より寒期が住宅商業地帯より工業地帯が小であって、大気が安定化



第4図 測定地点別浮遊煤塵濃度平均週変化

し暖房により多くの汚染物が放出している場合や、工業地帯のように多くの汚染源が存在している場所が汚染状況で定常的で、大気は常に浮遊煤塵により激しく汚染されていることがわかった。

c) 各測定地点における浮遊煤塵濃度の度数分布

以上の諸結果、考察は、 P の平均値について論じたものであるが、この実測値は大幅に変動している。

そこで P の実測値を <5 , $5\sim10$, $10\sim15$, $15\sim20$, $20\sim25$, $25\sim30$, ≥ 30 の7階級に分類し、その度数分布を測定地点別、期別に第3表に示した5地点同時測定の場合について求め第6表の結果をえた。

第6表から実測値はかなり高い値にまでおよんでいるが、一般に分布は低濃度に片寄っている。

しかるに寒期のA、B、Cおよび暖期のAにおける分布は、やや高濃度に片寄り、寒期のAにおける分布は、むしろ正規分布に近い形を示し、この場合汚染状況が高濃度に安定していることがわかった。

いずれにしても、汚染状況は、実測値については、各測定地点とも大幅に変動していることが示されているわけである。

第6表 測定地点別、期別浮遊煤塵濃度指数度数分布

	暖 期					寒 期				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
<5	433	636	644	810	917	134	266	329	536	625
$5\sim10$	473	323	330	194	111	353	437	447	391	333
$10\sim15$	104	67	52	26	3	341	247	214	107	83
$15\sim20$	19	4	5	1		174	64	54	19	13
$20\sim25$	2					43	32	10	1	
$25\sim30$		1				8	7			
≥ 30						1	1			

4. 結 言

京浜工業地帯とその周辺地域の浮遊煤塵による大気汚染性状を検討するため、この地域内5カ所でロ紙式空気汚染計による測定について吟味した。

浮遊煤塵濃度は、午前と午後にあられる1日2度のピークを有して日変化し、暖期より寒期が、日曜日より週日に大であったが、これらの変動は気象条件、人間活動により測定地点によって相違があった。

またその経日変動係数は、暖期より寒期に、非工業地帯より工業地帯において小であった。

なおロ紙式空気汚染計による測定値 P は相対値であるが、電気集塵器ではかった大気中の浮遊煤塵重量濃度 W と実際の汚染大気を対象にしても直線的な高度の正相関関係にあり、 P なる値で大気汚染を論じることは十分意味のあることがわかった。

参 考 文 献

- 1) 氷見康二, 田中 克, 尾崎良雄, 1958: 煤煙・塵埃による京浜工業地帯の空気汚染, 工業化学雑誌, 61, 531~535.
- 2) 氷見康二, 1959: 煤塵による京浜工業地帯の大気汚染(第4報), 日本公衆衛生雑誌, 6, 682~686.
- 3) 氷見康二, 1960: 煤塵による京浜工業地帯の大気汚染(第5報), 日本公衆衛生雑誌, 7, 255~259.
- 4) 氷見康二, 1960: 煤塵による京浜工業地帯の大気汚染(第6報), 日本公衆衛生雑誌, 7, 599~603.
- 5) 鈴木武夫, 奥 重治, 1955: 大気汚染, 公衆衛生, 18, [1] 1~13.
- 6) Koshi, S., 1956: Meteorological study on Atmospheric pollution in Tokyo City, J. Met. Soc. Japan, 34, 327~335.
- 7) Davidson, W. F., Warren, Master, 1942: Automatic dust sampling and analysing instruments for atmospheric pollution surveys, Mon. Weath. Rev., 69, 257~260.
- 8) 奥 重治, 1953: 電気集塵器について, 労働科学, 29, 563~570.
- 9) Davidson, W.F., 1942: A study of atmospheric pollution, Month. Weath. Rev., 70, 225~234.
- 10) Greenburg, L., Jacobs, M. B., 1956: Sulfur dioxide in New York atmosphere, Ind. Eng. Chem., 48, 1517~1521.
- 11) 鈴木武夫, 奥 重治, 坂部弘之, 1957: 大気汚染について(1), 国立公衆衛生院研究報告, 6, 8~15.
- 12) Department of Scientific and Industrial Research, 1956: Atmospheric pollution in Leicester.
- 13) Hewson, E. W., 1945: The meteorological control of atmospheric pollution by heavy Industry, Quart. J. Roy. Met. Soc., 71, 266~282.
- 14) 横浜地方気象台, 1959: 京浜工業地帯の煤煙気象, 神奈川県大気汚染調査研究報告, 2, 69~104.

[正誤] 9巻1号中「平戸の風について」のうち25頁左6行目9~11月を9~11時、右1行目109日を108日に訂正