

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 (2)*

氷 見 康 二**

要旨：京浜工業地帯とその周辺地域内 5 カ所で測定した口紙式空気汚染計による大気中の浮遊煤塵濃度測定結果と、風のデータとによって、この地域における浮遊煤塵濃度におよぼす風の影響について検討した。

浮遊煤塵濃度 P と風速 v は、 $P=a/v^n$ なる関係にあつて、 n , a と $\log P$, $\log v$ の相関係数は測定地点によってことなり、それぞれ工業地帯において小であった。

またこの地域の浮遊煤塵濃度は、 $v < 4 \sim 5 \text{ m/sec}$ となると増加の傾向が大となった。

工業地帯周辺地域の浮遊煤塵濃度は、この地域が工業地帯の風下となる時大となり、風向は浮遊煤塵の拡散移動の方向を定める支配的因子となっていることがみとめられた。

そしてこのことからこの地域の浮遊煤塵の主要発生源は工業地帯にあることがわかった。

1. 緒 言

工業都市の大気汚染を論ずる場合、大気中の汚染物におよぼす風の影響を検討することは、極めて重要と考えられる。

著者は、前報¹⁾で京浜工業地帯とその周辺地域内 5 カ所の口紙式空気汚染計による大気中の浮遊煤塵濃度測定結果と測定地点付近の風のデータとを用い、浮遊煤塵濃度におよぼす風の影響を検討してこの地域の浮遊煤塵による大気汚染性状について更に知見をえたので報告する。

2. 浮遊煤塵濃度におよぼす風速の影響

大気中の汚染物の消長は、風速の影響をうけるといわれており、Davidson²⁾は浮遊煤塵濃度 P は風速 v の平方根に逆比例する。いいかえれば両者は $P=a/v^{0.5}$ なる関係にあると述べている。

一方鈴木、興ら^{3), 4)}は、むしろ $P=a/v^n$ なる関係にあると考えた方が正しく、 n は平均して 0.560 で Davidson²⁾ の値に近いが、季節、時刻により変化し、すべての場合 Davidson の考え方は役立たぬであろうといっている。

著者⁵⁾は、すでに一地点の測定結果を用い両者の関係

を検討し、 $\log P$ の $\log v$ 上の回帰は直線的で両者は有意の負の相関関係にあつて、 P, v は鈴木、興ら^{3), 4)}のいう $P=a/v^n$ なる関係にあり、 $\log P, \log v$ の相関係数 r と n の値は季節、時刻によって変化し、特に寒期には温位傾度 $\delta\theta/\delta z$ の影響をうけて変化することをみとめた。

そしてこの場合 n の値は、鈴木、興ら^{3), 4)}のいう値より大であった。

また浮遊煤塵の拡散移動の考察により、 n の値は工業地帯より非工業地帯の方が大であろうと予想し、鈴木、興らのように季節、時刻によって変化するうえ、測定地点に特有な人間活動によっても相違を生ずるのであると考えた⁶⁾。

第 1 表は、前報¹⁾ 第 2 図に示したこの地域内の 5 つの浮遊煤塵濃度測定地点 A～E において測定した浮遊煤塵濃度の日平均値 P の対数 $\log P$ と風速のそれ $\log v$ の相関係数 r 、上記関係式の n, a の値を月別、測定地点別に計算した結果を示したものである。

この場合、 v はこの地域では地域的に相違がある⁷⁾ので、前報¹⁾ 第 2 図中の各浮遊煤塵濃度測定地点にもっとも近い第 2 表に示した地点のデータをそれぞれ用いて計算した。

またこの地域の気象データを公表している横浜地方気象台 2 の風速が、この地域全体の風速をあらわしていると仮定して、これと各測定地点の P との関係を知るため、2 の風速を用いて前述同様 r, n, a を計算し第 2 表

* Atmospheric Pollution due to Suspended Dust and Smoke in Keihin Industrial Area and its Suburban Area (2)

** Yasuji Himi: 神奈川県工業試験所
—1961年 6 月24日受理—

第1表 測定地点別, 月別 r , n , a の計算結果
(風速は第2表の地点のものをそれぞれ用いて計算した)

1) r

	8月	11月	2月	5月
A	-0.61**	-0.65*	-0.47***	-0.41
B	-0.84*	-0.77*	-0.53**	-0.78
C	-0.43	-0.68*	-0.49***	-0.35
D	-0.88*	-0.70*	-0.76*	-0.74*
E	-0.67*	-0.73*	-0.64*	-0.86*

* は0.1%, ** 1%, *** は5%の危険率で有意

2) n

	8月	11月	2月	5月
A	0.68	0.53	0.39	0.35
B	1.44	0.80	0.40	1.01
C	0.47	0.58	0.52	0.21
D	2.01	0.74	0.71	0.81
E	1.50	1.16	0.77	1.27

3) a

	8月	11月	2月	5月
A	11.0	16.5	15.2	8.4
B	30.2	31.4	13.0	21.6
C	7.3	17.6	13.1	5.8
D	11.0	10.6	13.2	6.4
E	13.1	25.0	13.1	12.3

第2表 第1表の計算に用いた風速の測定地点

浮遊煤塵測定地点	A	B	C	D	E
風速測定地点	1	2	3	4	2

の結果をえた。

この場合, 測定期日は第1表の場合と同様にした。

また測定地点B, Eの値は第1表の結果と同じであるが, 比較のため重複して示した。

第1表, 第3表から一般に $\log P$, $\log v$ は有意の負の相関関係にあることがわかるが, r , n , a は測定地点によってそれぞれ相違があるように考えられる。

まず r について考えて見ると, $|r|$ は工業地帯A, Cにおけるよりも住宅商業地帯B, D, Eの方が大で, 相関性は後者における方が高度であると考えられるが, これは工業地帯では汚染源が近いので風速に関係なく, 前報¹⁾で述べたように定常的に大気が汚染していることを示しているものと思っている。

更にBでは, $|r|$ は一般に大であるが, 2月には小となっている。

第3表 測定地点別, 月別 r , n , a の計算結果
(風速は横浜地方気象台のものをを用いた)

1) r

	8月	11月	2月	5月
A	-0.51***	-0.77*	-0.65*	-0.08
B	-0.84*	-0.77*	-0.53**	-0.78*
C	-0.37	-0.74*	-0.24	-0.12
D	-0.91*	-0.72*	-0.73*	-0.49**
E	-0.67*	-0.73*	-0.64*	-0.86*

* は0.1%, ** は1%, *** は5%の危険率で有意

2) n

	8月	11月	2月	5月
A	0.42	0.73	0.53	0.05
B	1.44	0.80	0.40	1.01
C	0.34	0.79	0.26	0.07
D	1.77	0.76	0.68	0.55
E	1.50	1.16	0.77	1.27

3) a

	8月	11月	2月	5月
A	10.1	31.1	23.5	6.2
B	30.2	31.4	13.0	21.6
C	6.1	26.7	9.4	4.9
D	34.6	15.4	18.1	6.8
E	13.1	25.0	13.1	12.3

これは2月には前報¹⁾で述べたようにビル暖房という汚染源がB付近に出来るので, この地点の浮遊煤塵濃度への風速の影響が工業地帯のそれに類似していることを示しているものと考えている。

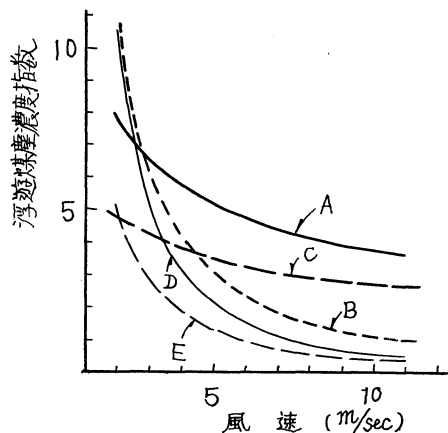
そしてこのことから前述の $|r|$ の地域による相違が容易に理解出来るであろう。

また n の値は, Davidson²⁾, 鈴木, 興^{3), 4)} の値と相違があり, $|r|$ と同様工業地帯が小となっており, 住宅商業地帯の方が工業地帯より風速による P の変化率が大で, 前述した前報⁶⁾の著者の考え方が正しかったことを示している。

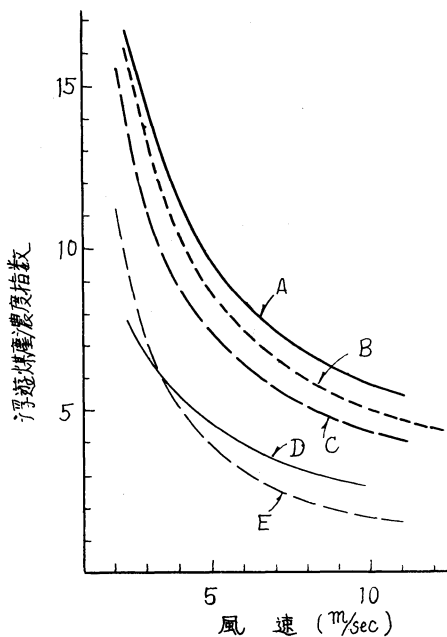
なおこの理由については前報⁶⁾で詳細に述べたとおり, $|r|$ の場合同様に考えている。

次に a については, 鈴木, 興^{3), 4)} は, 汚染物の放出速度に関係する値であると述べているが, 放出速度が大と考えられるA, C地点および2月のB地点ではむしろ小となっており, このことについては考慮の余地があると思われる。

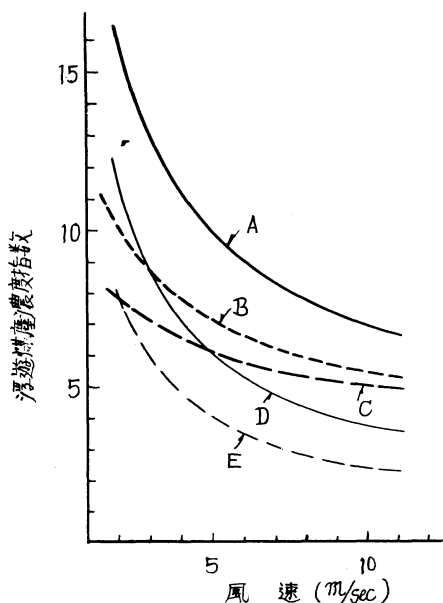
なお第1表のように各浮遊煤塵濃度測定地点に近い地点ではかった風速をそれぞれ用いて計算した結果と, 横



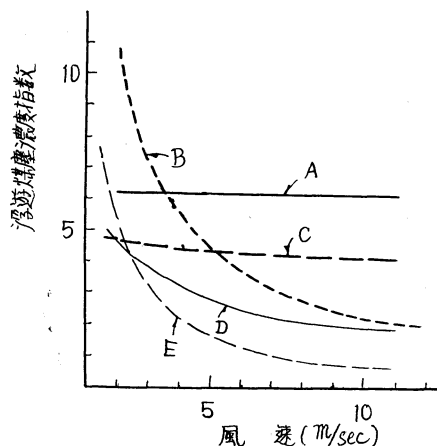
(1.) 8月



(3.) 2月



(2.) 11月



(4.) 5月

第1図 測定地点別, 月別浮遊煤塵濃度, 風速の回帰曲線

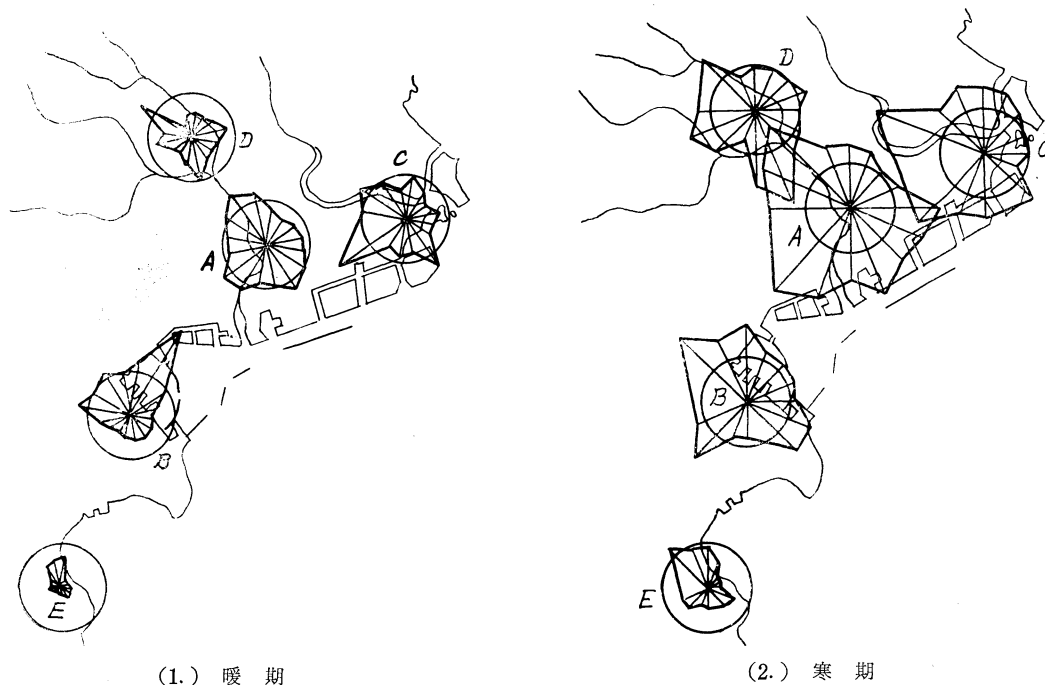
浜地方気象台2のみの風速で計算した第3表に示した結果とは、ほぼ大差のない傾向をもっているが、一地点における大気汚染機構を論ずるには前者の方法を、ある地域全体のそれを論ずるには後者の方法を採用するのが適切であろうと考えている。

また第1図1~4は、第3表の結果からえられた $\bar{P}$, $\bar{v}$ の回帰曲線をグラフにして示したもので、横浜地方気象台の風速が、4~5 m/sec 以下になると、この地域の大気中

の浮遊煤塵濃度の増加率は大きくなること、および前述した n の地域的相違から容易にわかることであるが、非工業地帯における風速の影響は、工業地帯よりも大きいことを示している。

いずれにしても P , v は $P=a/v^n$ なる関係にあり、この式は測定地点によっても異ってくることがわかった。

そしてこのことは、風速の浮遊煤塵濃度におよぼす影響は、従来いわれている時刻、季節のほか測定地点に特



(1.) 暖期

(2.) 寒期

第2図 測定地点別, 期間別, 風向別平均浮遊煤塵濃度風速 (4.0~7.9m/sec)

有な人間活動によっても変わってくることを示しているわけである。

3. 浮遊煤塵濃度におよぼす風向の影響

大気中の汚染物におよぼす風向の影響を検討することは、汚染物の拡散移動の方向、汚染地区または主要汚染源の位置を検討するうえ重要なことと考えられる。

著者は、5つの測定地点における P の値と、第2表に示したこれらの近傍の風向のデータとによって、浮遊煤塵濃度におよぼす風向の影響について考察した。

(1) 風向別浮遊煤塵濃度

第2図_{1~2}は、5, 8月を暖期, 2, 11月を寒期とし、風速が P にあまり影響しない 4.0~7.9m/sec の場合について、 P を測定地点別, 期別, 風向別に平均した結果を地図上に示したものであって、この場合風速は横浜地方気象台のものをを用いた。

まず暖期であるが、各測定地点とも京浜工業地帯の中心部の風下となる場合、他の場合より P は平均して大となっており、この地域の暖期の浮遊煤塵発生源が工業地帯にあることを示しているが、A地点ではこの傾向が顕著でなく、すでに述べた⁵⁾ようにこの地点は工業地帯で、四冊に汚染源が存在していることを示している。

なお WNW の風するとき、D地点では P が大きくな

っているが、これは1度しか観測されていないので例外と考えている。

次に寒期は、ほぼ暖期と同じ傾向にあるが、B地点にみられるような例外もある。

これは寒期には工業地帯以外に都市暖房という汚染源が出来ること、および寒期はすでに述べたように大気が安定であるため^{5), 7)}、大気中の浮遊煤塵の拡散が緩慢で⁶⁾、工業地帯に発生した煤塵は広範囲に停滞して大きな汚染気塊を形成するようになるので、風によって一度工業地帯から拡散移動した煤塵が再び移動して来る傾向があるためと考えている。

いずれにしても第2図_{1~2}の結果により、この地域における浮遊煤塵の主要発生源は、工業地帯にあるものと考えられる。

(2) 工業地帯に対する周辺地域の相対浮遊煤塵濃度と風向頻度との相関⁹⁾

すでに述べたように、住宅商業地帯の P の工業地帯のそれに対する百分率、すなわち相対浮遊煤塵濃度 R の月平均値は、前者が後者の風下になる月間の相対頻度(以下「頻度」と略記)と正の相関、風上となるそれとは負の相関関係にあり、これら二地点を結ぶベクトルと風向が直交する頻度とは無相関であって、住宅商業地帯

の浮遊煤塵濃度は、工業地帯の南下になる機会の多い月ほど相対的に工業地帯のそれに近づき、逆に風上なる頻度の多い月ほど差は大となることを、測定地点 A、E についてみとめた⁹⁾。

そして工業地帯で発生した浮遊煤塵は、住宅商業地帯へ拡散移動していくことを知ったので、本報の浮遊煤塵濃度のデータについても、前項の結果を確認する意味で同様考察してみた。

(i) 相対浮遊煤塵濃度 R

前報⁹⁾ 同様測定地点 A を工業地帯の大気汚染を代表する地点と考え、その他の測定地点をこの影響を受けるかも知れない地点として、全測定期間を毎月 1～10 日、11～20 日、21 日～の計 12 期間にわけ、各期間毎に A 以外の測定地点の P の平均値の工業地帯 A のそれに対する百分率、すなわち平均相対浮遊煤塵濃度 R を (1) 式で求めた。

$$R = \Sigma P / \Sigma P_A \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

ここに ΣP は、各 10 日間の A 以外の測定地点の P の

和、 ΣP_A はこれと同時に測定した A のそれである。

そして B、E 地点の R の計算には 2 の風向、C、D についてはそれぞれ、3、4 の風向と各測定地点の浮遊煤塵濃度 P と A のそれが同時に測定された場合のみを選出して測定地点別、期間別に P を求め第 4 表の結果をえた。

なお風向、浮遊煤塵濃度の欠測により測定値が 150 組以下（欠測がなければ 192～264 組である）の場合は、棄却した。

第 4 表より R は一般に 100% 以下であって、測定地点 B～E の P の 10 日間の平均値は、A のそれより小であることが示されている。

そして、B、E では寒期に、C、D は暖期に大となる場合が多いが、これは以下述べるように風向頻度が関係するのである。

(ii) 各測定地点と A との位置的関係

前報⁹⁾ 同様、A 以外の各測定地点からの工業地帯の見掛けの大きさを考慮し、各測定地点が A の風下、風上、その地点と A とのベクトルと直交する風向を第 5 表のよう

第 4 表 測定地点別、期間別相対浮遊煤塵濃度 R (%)

測定地点	8 月			11 月			2 月			5 月		
	1～10	11～20	21～	1～10	11～20	21～	1～10	11～20	21～	1～10	11～20	21～
B	62.3	74.0	100.0	96.1	95.0	87.6	75.5	57.2	79.3	71.7	80.5	—
C	56.5	78.3	74.7	62.2	71.4	78.8	—	56.8	61.8	73.8	74.5	75.3
D	53.7	58.3	69.0	—	46.7	41.3	64.1	50.1	54.5	55.3	41.9	55.0
E	21.3	29.8	50.7	55.3	43.8	38.5	45.6	34.9	49.3	31.2	32.1	27.6

第 5 表 A と他の測定地点との風下、風上風向

	A の 風 下	A の 風 上	A とのベクトルと直交風向	
			1	2
B	N～NE	S～SW	E～SE	W～NW
C	WSW～SSW	NNE～ENE	WNW～NNW	ESE～SSE
D	ESE～SSE	WNW～NNW	NNE～ENE	WSW～SSW
E	N～NE	S～SW	E～SE	W～NW

第 6 表 各測定地点の R と風向頻度との相関係数

測定地点	B	C	D	E
A の 風 下	0.51**	0.60*	0.65*	0.63*
A の 風 上	—0.28	—0.68*	—0.52**	—0.60*
A とのベクトルと風向直交	1	0.14	0.06	0.08
	2	—0.13	0.37	0.25

* は 5%，** は 10% の危険率で有意

に考え、前述したように、B, Eについての考察には2, Cは3, Dは4の風向のデータを用いて各々の場合の10日間の頻度を求めた。

(iii) 相対浮遊煤塵濃度と風向頻度との相関

第6表は、第5表に示した各々の場合について、相対浮遊煤塵濃度 R と風向頻度との相関係数を測定地点別に求めた結果を示したもので、これより R は、その測定地点が工業地帯A地点の風下となる頻度と有意の正の相関関係に、風上となるそれとは有意の負の相関関係にあって、その測定地点とAとのベクトルと風向が直交する頻度とは無相関であることがわかった。

以上のことは、A以外の測定地点における10日間の浮遊煤塵濃度の平均値は、その地点がAの風下となる機会の大なる場合ほどAのそれに相対的に近づき、反対に風上となる頻度の大なる時ほどAとの差が相対的に大きくなる傾向にあって、更にAとのベクトルと風が直交して吹く頻度とは相対的に無関係に増減していることを示しているわけである。

そして前報⁹⁾で述べたA, Eについての基礎考察が、この地域全体についても考えられることがわかった。

更に R を前報同様^{6), 9)}、工業地帯で発生した浮遊煤塵の他地域への拡散移動程度をあらわす値と考えると、工業地帯で発生した浮遊煤塵は、風によりこれから離れたその周辺地域まで拡散移動しており、風向がこの移動の支配的因子になっていることもわかった。

そして第2図と上述の結果とから、この地域の浮遊煤塵の主要汚染源が工業地帯にあることは否定出来ないと考えられる。

なお第6表中BがAの風上となる頻度と R との間に有意の相関関係はみとめられないが、この理由は明らかでない。

4. 結 言

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による大気中の浮遊煤塵濃度測定結果と風のデータとによって、この地域における浮遊煤塵濃度におよぼす風の影響について検討した。

浮遊煤塵濃度 P と風速 v は、 $P=a/v^n$ なる 関係に

あって、 n, a と $\log P, \log v$ の相関係数 r は測定地点によってことなり、それぞれ工業地帯において小であった。

またこの地域の浮遊煤塵濃度は、 $v < 4 \sim 5 \text{m/sec}$ となると増加の傾向が大となった。

工業地帯周辺地域の浮遊煤塵濃度は、この地域が工業地帯の風下となる時大となり、風向は浮遊煤塵の拡散移動の方向を定める支配的因子となっていることがみとめられた。

そしてこの結果からこの地域の浮遊煤塵の主要汚染源は工業地帯にあることがわかった。

終りに風のデータをご提供下さった横浜地方気象台久保時夫台長、箕輪年雄課長に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 氷見康二, 1961: 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), 天気, 9, 2
- 2) Davidson, W.F., 1942: A Study of Atmospheric Pollution, Mon. Wea. Rev., 70, 225 ~ 234.
- 3) 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.
- 4) Koshi, S., 1956: Meteorological Study on Atmospheric Pollution in Tokyo City, J. Met. Soc. Japan, 34, 327 ~ 335.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.

- 【論文募集】 1. 本誌 Vol. 8, No. 11 でお知らせした「梅雨について」の研究論文のメ切は、1962年3月末日ですが、特集号として Vol. 9, No. 6 を予定しておりますから、なるべく早目に日本気象学会天気編集委員有住直介宛にお送り下さい。
2. 本誌投稿の論文が最近非常に少なくなり No. 7 号以降のものがありませんので振ってご投稿願います。