

## 8 調 査 研 究

### (1) 浮遊粒子状物質の解析について

(第一報 直線回帰による浮遊粒子状物質の解析)

小 玉 幹 生 大 畑 博 正  
進 藤 政 勝 斉 藤 勝 美

は じ め に

浮遊粒子状物質(以下「Dust」という。)の発生源は、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>と異なり、単に工場、事業場、あるいは自動車等の人為的要因のほかに、一般家庭、土壌の舞上り、海塩粒子、動植物の腐蝕によるエアロゾル化等自然的要因についても考慮する必要がある。

しかも、これら自然的要因による発生量は、地形、地物、気象、季節等によつて大きく左右され、地域的な特性を有しているものと考えられる。

したがつてDustの解析をするにあつては、人為的要因による発生量のほかに自然的要因による発生量についても把握する必要がある。

Dustを解析する一つの方法として、風向風速とDust濃度との関係から、風によつて影響される濃度(以下「人為的濃度」という。)と、風によつて影響されない濃度(以下「自然的濃度」という。)を導き、これらがどのようにDust濃度に影響し合つているかを、明らかにすることができたので報告をする。

#### 1 秋田地域の現況

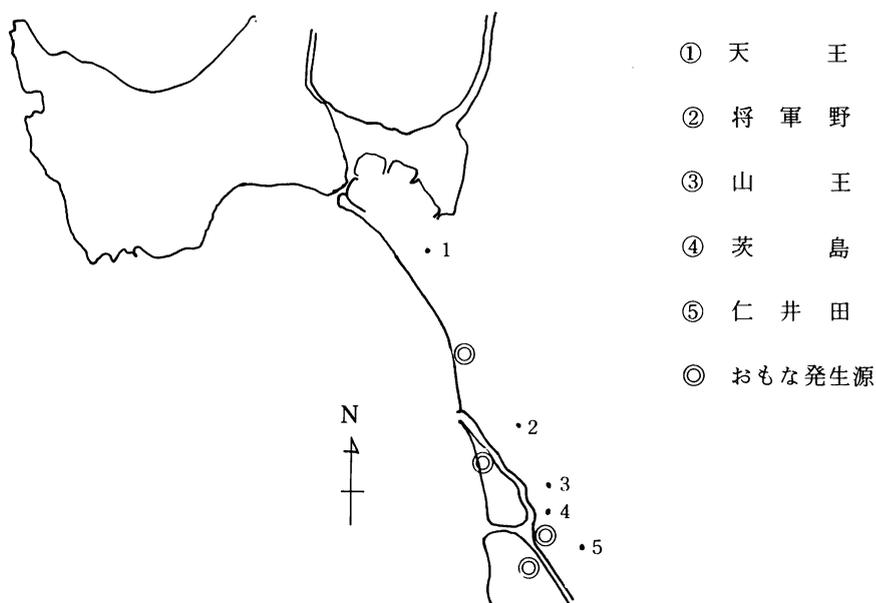
##### (1) 測定地点

本地域のDust濃度の測定は14地点で実施しているが、解析は本地域内で最も工業化の進んだ秋田市臨海工業地帯を中心に地域特性を有する5地点を選び実施した。

各地点の特性は、次のとおりである。

- ① 天 王 田園地域
- ② 将 軍 野 住居地域
- ③ 山 王 官公署を主としたビル街
- ④ 茨 島 工業地域に隣接した商業地域
- ⑤ 仁 井 田 田園地域の内にある住居地域で、茨島工業地帯から約2 Km離れている。

図-1 測定地点位置図



(2) 気 象

本地域の気象の特色は、冬期に快晴日数がきわめて少なく、北西の季節風が卓越する積雪寒冷地帯であること。梅雨の現象が西日本のように顕著でなく、また夏期の気温は奥羽の太平洋岸に比較してむしろ高いことである。

風向は秋田市では、冬期はNWを中心としたWNW～Nの季節風が卓越しており、夏期は、SEを中心にSSE～Eが顕著で、特に夜間はESE～SEの陸風、昼間はS～SW～Wと時間とともに順転する傾向がある。

これらの地上風と秋田火力発電所135 m地点の上層風を比較すると通年的にほぼ同じ傾向を示しているものの、冬期のNWが23.6%と地上風に比べ高い割合を示している。

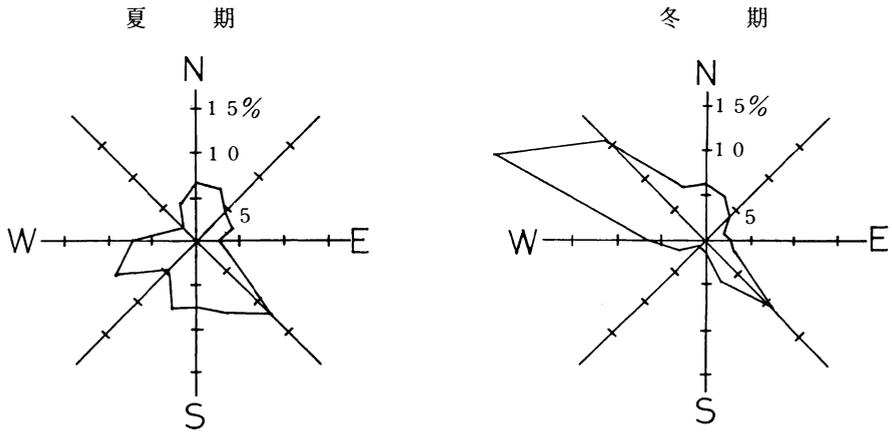
測定地点の昭和48年12月から昭和51年8月までの夏期(6、7、8月)及び冬期(12、1、2月)の風向は、図-2に示すとおりである。

また、風速はいずれの地点も、夏期より冬期の方が強く、夏期の平均風速は、2.0 m/sec ～ 2.8 m/sec、冬期の平均風速は、2.8 m/sec ～ 3.2 m/secで、夏期、冬期とも山王、仁井田、將軍野、茨島、天王の順に強くなっている。

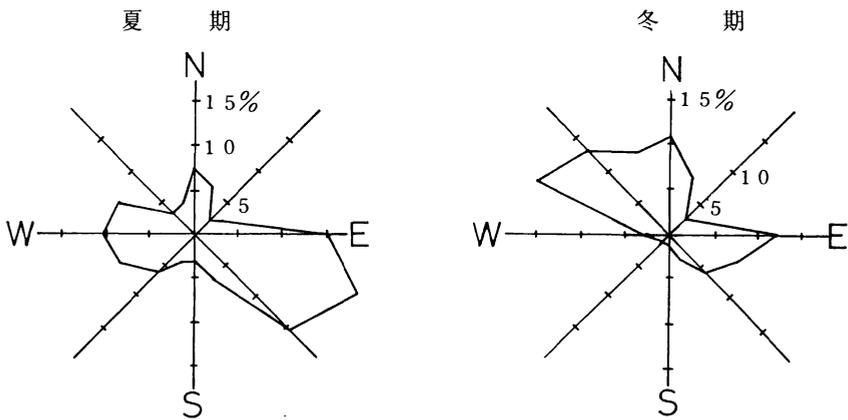
測定地点の地上風の平均風速は、表-1に示すとおりである。

図-2 地上図の風配図

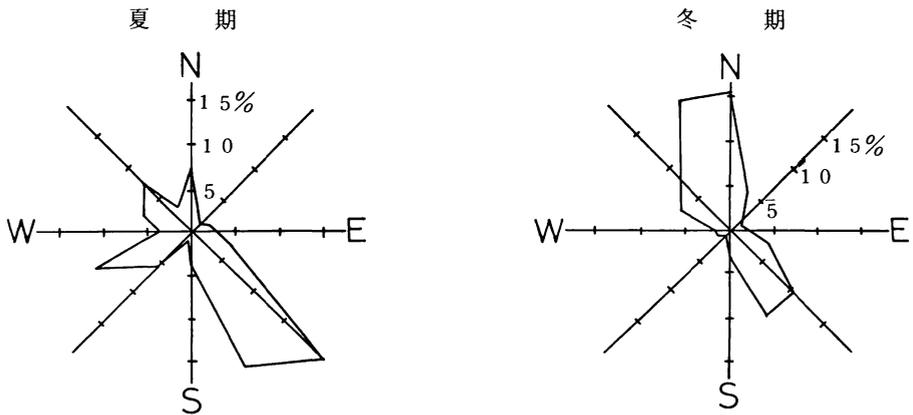
1 天王



2 将軍野

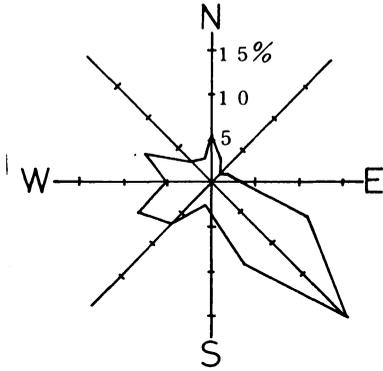


3 山 王

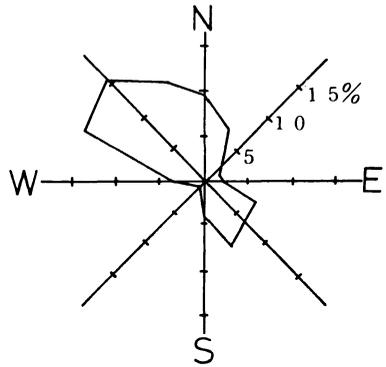


4 茨 島

夏 期

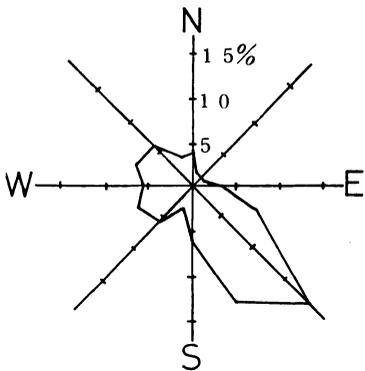


冬 期



7 仁 井 田

夏 期



冬 期

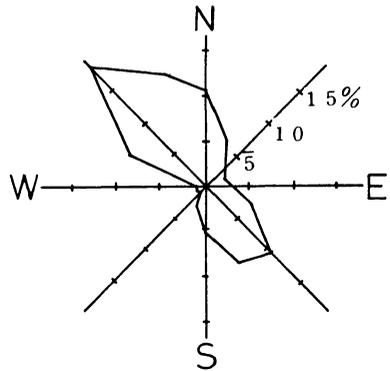


表-1 地上風の平均風速

(単位:  $m/sec$ )

季節 \ 地域	天 王	将 軍 野	山 王	茨 島	仁 井 田
夏 期	2.0	2.4	2.8	2.2	2.4
冬 期	2.8	3.1	3.2	2.8	3.1

(3) Dust 濃度

測定地点における Dust の平均濃度は表-2 のとおりで、田園地域の天王では夏期が冬期の濃度を上廻っており、住居地域の將軍野、仁井田ではほぼ同程度、ビル街の山王・工業地域の茨島では冬期が夏期を上廻っている。

また、風向別の Dust の平均濃度は、表-3 及び図-3 のとおりで、夏期と冬期の濃度分布が異っているのは、天王、將軍野、山王で、茨島、仁井田では、夏期、冬期ともほぼ同様の濃度分布を示している。

表-2 測定地点の平均 Dust 濃度

(単位:  $10^{-2} \text{mg}/\text{m}^3$ )

測定地点 季節	天 王	将 軍 野	山 王	茨 島	仁 井 田
夏 期	2.02	3.52	3.85	4.88	4.37
冬 期	1.38	3.40	4.65	5.94	4.65

注 昭和48年12月から昭和51年8月

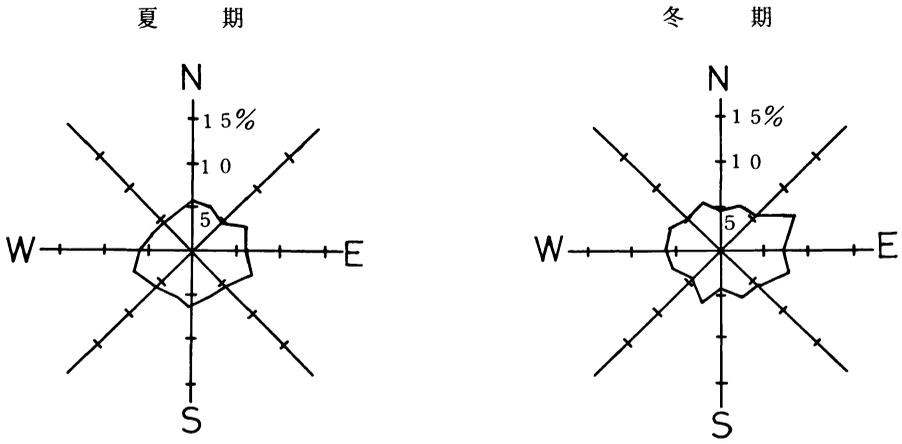
表-3 風向別平均 Dust 濃度

(単位:  $10^{-2} \text{mg}/\text{m}^3$ )

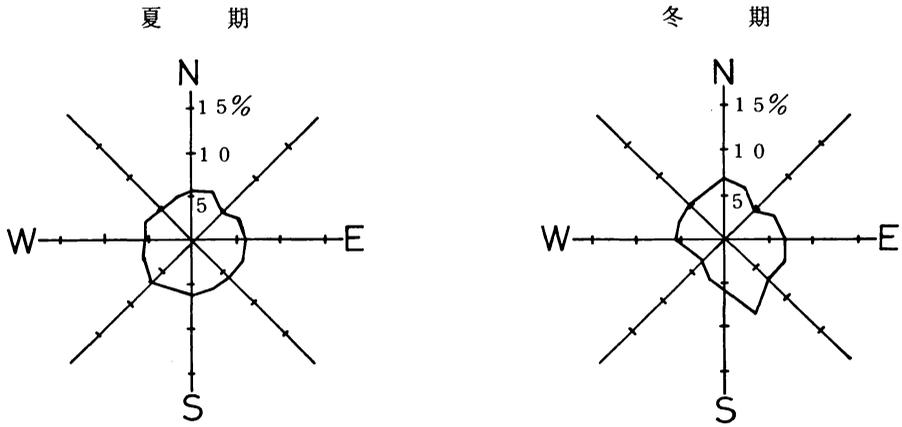
地 域 名		N	NNE	NE	NEN	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
天 王	夏期	1.78	1.78	1.56	2.22	2.11	2.33	1.89	1.89	2.11	1.89	2.00	2.33	2.00	1.56	1.44	1.44
	冬期	1.00	1.11	1.22	1.78	1.56	1.67	1.22	1.22	1.00	1.44	1.00	1.22	1.33	1.33	1.11	1.11
将軍野	夏期	3.00	3.17	2.67	3.17	3.50	3.50	3.12	3.50	3.83	3.50	3.83	3.50	3.00	3.17	2.83	2.83
	冬期	3.80	3.40	2.40	3.40	3.60	3.80	3.60	4.60	3.20	2.60	1.80	2.20	2.80	2.80	3.00	3.20
山 王	夏期	3.33	3.33	3.78	3.78	3.67	3.56	3.22	3.44	3.67	4.33	4.33	3.89	3.56	3.22	3.56	3.56
	冬期	3.44	4.11	4.67	4.67	5.00	4.44	4.56	5.33	5.56	4.67	5.89	4.11	3.22	3.11	3.67	3.22
茨 島	夏期	3.56	3.89	4.11	4.67	4.11	3.89	3.56	3.89	4.22	4.11	4.67	6.22	7.22	6.22	5.00	3.89
	冬期	4.00	4.44	5.11	5.11	5.89	5.11	5.00	5.11	5.67	5.78	6.33	6.22	8.56	7.44	5.22	4.33
仁井田	夏期	3.78	3.67	4.67	4.00	4.89	4.44	4.11	4.33	4.67	4.44	3.78	3.56	3.67	3.44	3.56	3.89
	冬期	3.67	3.67	4.50	3.44	4.83	4.83	4.67	4.50	4.67	5.00	4.83	3.67	3.50	3.50	3.50	3.67

图-3 風向別平均 Dust 濃度分布

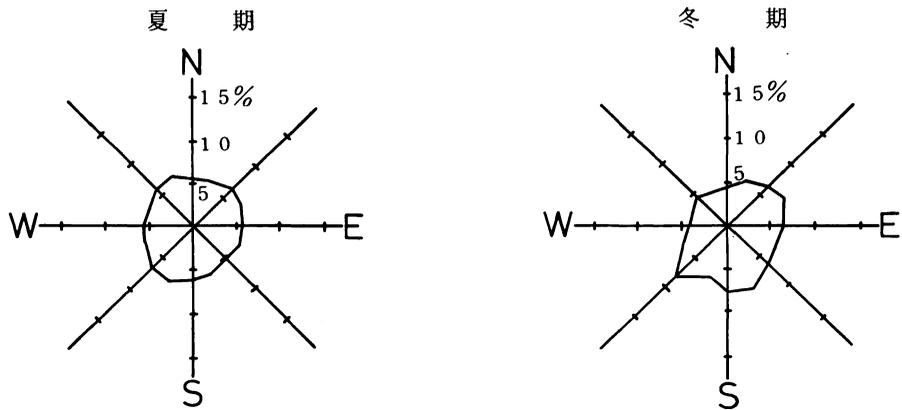
1 天王



2 将軍野

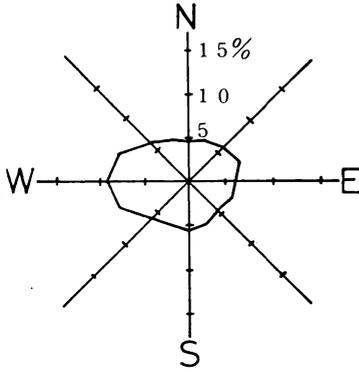


3 山王

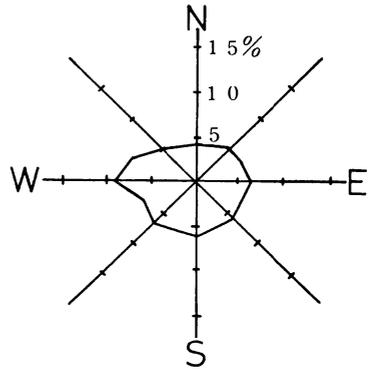


4 茨 島

夏 期

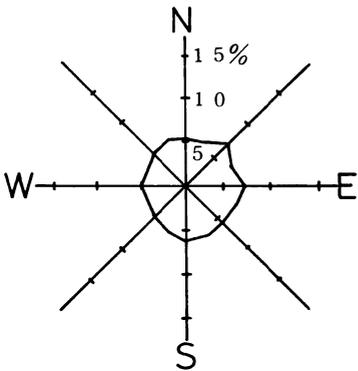


冬 期

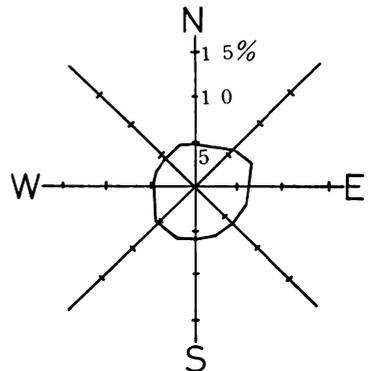


5 仁 井 田

夏 期



冬 期



(4) 主要発生源

秋田地域のばい煙発生施設は、大気汚染防止法に基づく施設は396(223工場、事業場)、  
 県公害防止条例に基づく横出し施設は70(56工場、事業場)となっており、ばい煙関係では  
 ボイラーが全体の80%を占めている。

粉じん関係は、大気汚染防止法に基づく施設は41(15工場、事業場)となっており、堆積  
 場及びチップ製造施設で全体の80%を占めている。

表-4 大気汚染防止法対象施設届出状況

(昭和51年3月31日現在)

施設種類 工場・事業場数 市町名	ばい煙発生施設													粉じん発生施設					
	1	5	6	7	9	10	11	13	14	21	22	24	計	工場・事業場数	2	3	4	計	
	ボイラー	金属溶解炉	金属加熱炉	油加熱炉	焼成炉	反応炉	乾燥炉	焼却炉	溶解炉	反応施設	凝縮施設	鉛溶解炉		堆積場	ベルトコンベア	破砕機・磨砕機			
秋田市	217	310	10	9	6	12	1	13	13	7	2	4	1	388	14	31	7	2	40
天王町	6	7						1						8	1	1			1
計	223	317	10	9	6	12	1	14	13	7	2	4	1	396	15	32	7	2	41

(注) 県公害課調

表-5 公害防止条例対象施設届出状況

施設種類 工場・事業場数 市町名	指定ばい煙発生施設					指定粉じん発生施設			
	1	2	3	計	工場・事業場数	1	2	計	
	ボイラー	廃棄物焼却炉	蒸解施設等			堆積場	チップ製造施設		
秋田市	56	60	2	8	70	12	10	14	24
天王町									
計	62	60	2	8	70	12	10	14	24

(注) 県公害課調

昭和49年度の秋田市における粉じん排出量は、1,458.3 tと推定される。発生源別では、工場、事業場1,185 t (81.3%)、自動車102.4 t (7.0%)、船舶7.5 t (0.5%)、その他(一般家庭等)163.4 t (11.2%)となっている。

また、主要発生減別では、A社81 t、B社183 t、C社168 t、D社575 tとなつて

おり、これら4工場で、秋田市全体の69%を占めている。

## 2 解析方法

### (1) 解析についての考え方

自然的濃度と人為的濃度を推定する方法として、Dust濃度を構成している要因をそのまま、式に置換えた。

Dust濃度のうち自然的濃度は、常にその地域に停滞し、濃度の変化は極めて少ないものであると仮定し、それを $P_1$ とした。これに人為的濃度 $P$ を加えたものがその地域のDust濃度 $C$ となるが、人為的濃度 $P$ は、主として風向、風速によつて変化するものである。

ある風向における人為的濃度 $P$ と風速との関係は、測定地点において、他から空気が流れ込んだ場合、測定地点の空気は換気されることになる。この換気量を $Q$ とする。他からの汚染物質の影響を受けないような状態において、測定地点における人為的濃度 $P$ は次式で示される。

$$P = \frac{P_0}{Q} \quad \text{———— (1)}$$

(1)式の換気量 $Q$ を風速 $u$ に置き換えると次式になり、人為的濃度 $P$ は風速 $u$ に逆比例することになる。

$$P = \frac{P_0}{u} \quad \text{———— (2)}$$

ここで、Dust濃度 $C$ に対する式は、

$$C = \frac{P_0}{u} + P_1 \quad \text{———— (3)}$$

で表わすことができる。

この $P_0$ は、人為的濃度 $P$ に対する係数である。この式によりDust濃度を人為的濃度と自然的濃度に区分けすることができると考えた。

### (2) データの整理

計算に用いたデータは、昭和48年12月～51年8月(夏期6、7、8月、冬期12、1、2月)までの各測定地点のDust濃度を風向、風速別に整理したものである。

風向は16方向に、風速は0.5～1.0 m/sec、1.1～3.0 m/sec、3.1～5.0 m/sec、5.1～7.0 m/sec以上の5段階に分け、それぞれを代表する風速を0.7 m/sec、2 m/sec、4 m/sec、6 m/sec、8 m/secとした。0.5 m/sec未満は静穏時として計算の対象から除外した。

また、Dust濃度については、以上の分類によつて得られた風向、風速別の数値をそれぞれ平均し、代表値とした。

表-6 風向・風速別平均Dust濃度

(単位:  $1 \sigma^{2mg/m^3}$ )

W・V		W・D																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
$\leq 1$ m/sec	トータル濃度	15.0	6.0	17.0	19.0	31.0	40.0	85.0	82.0	58.0	51.0	7.0	11.0	4.0	22.0	9.0		80.0
	個数	2	2	3	4	6	7	15	12	9	11	2	4	1	2	2		11
	平均濃度	7.50	3.00	5.67	4.75	5.17	5.71	5.67	6.83	6.44	4.64	3.50	2.75	4.00	11.00	4.50		7.27
1.1 ~ 3.0 m/sec	トータル濃度	8.70	8.60	42.0	50.0	49.0	101.0	220.0	175.0	179.0	146.0	4.0	13.0	12.0	32.0	35.0	53.0	
	個数	21	21	11	11	10	22	46	38	35	26	1	3	4	6	7	10	
	平均濃度	4.14	4.10	3.82	4.55	4.90	4.59	4.78	4.61	5.11	5.62	4.00	4.33	3.00	5.33	5.00	5.30	
3.1 ~ 5.1 m/sec	トータル濃度	173.0	32.0				17.0	27.0	32.0	9.0					34.0	88.0	128.0	
	個数	44	9				4	6	8	2					10	26	33	
	平均濃度	3.93	3.56				4.25	4.50	4.00	4.50					34.0	33.8	3.88	
5.1 ~ 7.0 m/sec	トータル濃度	50.0													61.0	129.0	195.0	
	個数	14													17	36	50	
	平均濃度	3.57													3.59	3.58	3.90	
7.1 ~ m/sec	トータル濃度	11.0													126.0	183.0	87.0	
	個数	3													36	52	23	
	平均濃度	3.67													3.50	3.52	3.78	

昭和50年 1月 仁井田

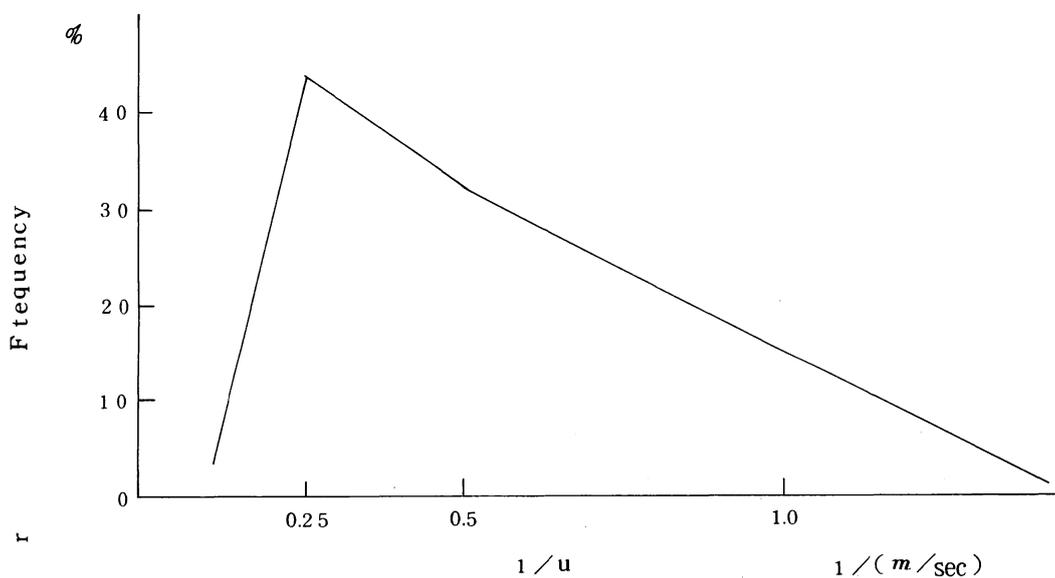
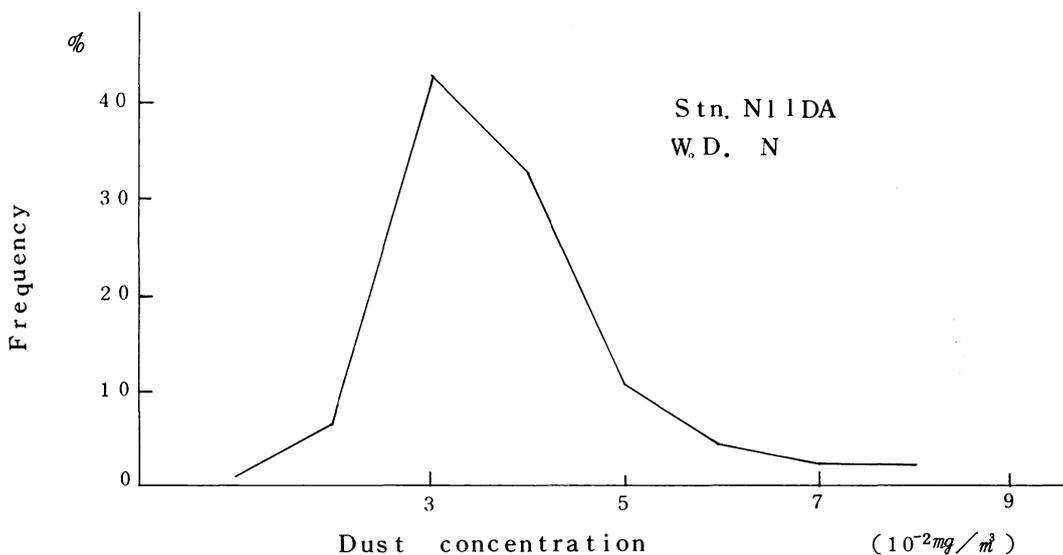
(3) 解析方法

Dust 濃度と風速は、逆比例の関係にあるので、Dust 濃度と風速の逆数の頻度曲線が、ともに正規分布であれば、Dust 濃度と風速の逆数は、直線回帰で表わすことが出来る。

例として、仁井田のN風向(冬期)のDust 濃度および風速の逆数の頻度曲線を図-4に示した。

これらは、いずれも正規分布に近い型を示している。

図-4 Dust 濃度と風速の逆数の頻度曲線



このことにより、仁井田のN風向(冬期)の直線回帰は、 $Y = 3.63x + 2.65$ の式で表わすことが出来る。これを図示すると、図-5のとおりで、この直線回帰の $r$ 、 $x$ および切片、勾配は(3)の式に基づき、つぎのように考えた。

Y : Dust 濃度

X : 風速の逆数

勾配 : 人為的濃度

切片 : 自然的濃度

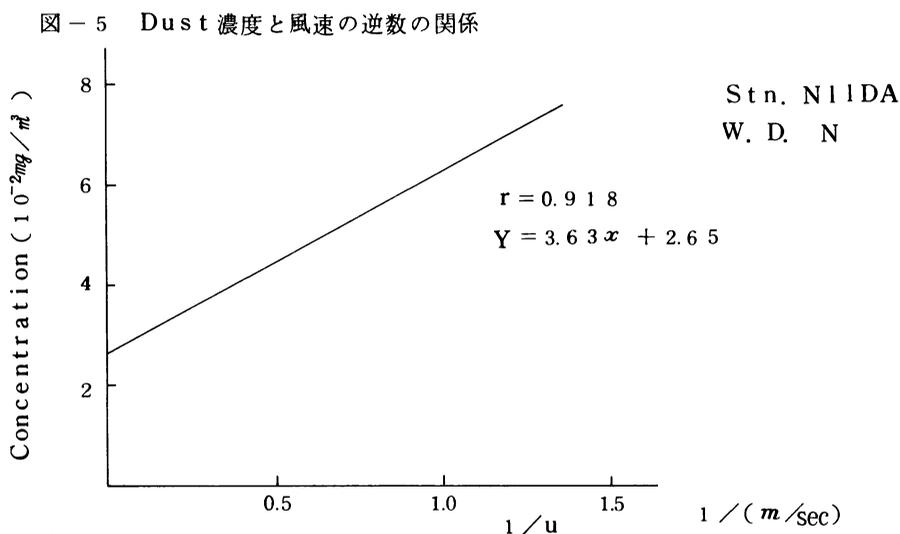


表-7 計算に用いたデータ

逆風速	Dust濃度	逆風速	Dust濃度	逆風速	Dust濃度
0.500	3.82	0.125	3.67	0.166	2.93
0.250	3.71	0.500	4.21	0.500	4.29
0.166	3.73	0.250	4.18	0.250	2.33
1.420	7.50	0.166	3.55	1.420	8.75
0.500	4.14	0.125	3.33	0.500	5.00
0.250	3.93	0.500	3.20	0.250	3.76
0.166	3.57	0.250	3.23	0.166	3.55

(仁井田 冬 N)逆風速 :  $\text{sec}/\text{m}$  · Dust濃度 :  $10^{-2} \text{mg}/\text{m}^3$

$n = 21$ 、平均逆風速 = 0.401、平均Dust = 4.11

$\sigma$  逆風速 = 0.368       $\sigma$  Dust濃度 = 1.454

### 3 解析結果

2-(3)の方法により5地点について解析を行った。その結果は表-8のとおりで、図-6はこれをグラフで示したものである。

表-8 相関係数及び回帰係数

#### 1 天 王

		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
夏 期	$\gamma$	0.93	0.70	0.72	0.86	0.72	0.93	0.82	0.75	-	0.78	0.92	0.80	-	0.74	0.88	0.86
	a	1.41	1.01	1.02	0.88	0.94	1.33	1.72	1.03	-	0.77	1.78	1.83	-	0.89	0.73	1.67
	b	0.47	0.69	0.65	1.10	0.40	0.29	1.38	1.19	-	1.59	0.72	0.93	-	0.38	0.40	0.37
冬 期	$\gamma$	0.86	0.79	0.74	0.73	0.83	0.95	0.76	-	0.96	-	-	0.90	-	-	0.77	0.81
	a	0.88	0.96	0.45	0.82	0.47	1.55	0.53	-	0.89	-	-	0.44	-	-	0.91	1.29
	b	0.45	0.81	0.75	0.84	0.90	0.29	1.01	-	0.72	-	-	0.38	-	-	0.45	0.56

#### 2 将 軍 野

		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
夏 期	$\gamma$	0.84	0.73	0.94	0.92	0.75	0.74	-	0.82	0.75	-	0.82	0.80	0.95	-	0.82	0.71
	a	1.67	1.51	1.63	2.08	1.46	1.22	-	5.61	1.16	-	2.13	2.12	2.84	-	0.90	1.35
	b	1.67	2.28	1.89	1.13	2.67	2.86	-	0.63	2.30	-	2.73	2.66	2.40	-	1.64	1.78
冬 期	$\gamma$	0.88	0.84	-	0.74	0.93	0.91	0.83	-	-	-	-	-	-	0.73	0.72	0.85
	a	2.04	1.40	-	1.17	0.91	0.44	2.92	-	-	-	-	-	-	1.87	0.94	1.34
	b	2.09	1.96	-	1.96	3.48	3.94	1.86	-	-	-	-	-	-	2.16	2.73	2.45

3. 山 王

		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
夏 期	$\gamma$	0.71	0.80	-	-	-	0.80	0.70	0.78	0.82	-	0.77	0.86	0.87	0.74	0.83	0.74
	a	1.18	1.41	-	-	-	1.34	1.30	1.48	1.38	-	1.45	0.81	1.93	2.41	1.64	1.64
	b	2.45	1.76	-	-	-	2.37	2.54	3.23	2.53	-	3.57	3.37	2.73	2.67	2.69	2.84
冬 期	$\gamma$	0.84	0.78	0.78	0.76	0.84	0.86	0.82	0.74	-	0.97	0.93	0.88	0.78	-	0.80	0.76
	a	1.40	1.85	2.35	3.26	2.72	4.32	2.06	1.98	-	3.57	6.14	10.07	1.78	-	5.95	2.80
	b	3.37	3.75	2.12	3.68	3.53	2.91	3.16	4.87	-	3.89	3.68	1.29	2.47	-	3.86	3.12

4. 茨 島

		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
夏 期	$\gamma$	0.74	0.78	0.83	0.82	-	0.74	0.81	0.78	0.83	-	0.79	0.75	0.77	-	0.86	0.91
	a	1.86	2.30	1.40	1.60	-	1.38	1.41	1.24	1.71	-	1.56	2.32	2.36	-	9.07	5.08
	b	2.14	1.52	2.63	2.18	-	2.97	2.73	2.88	2.22	-	3.10	4.50	4.00	-	1.24	1.68
冬 期	$\gamma$	0.78	0.79	0.77	0.82	0.74	0.75	0.74	0.82	0.77	-	0.76	0.73	0.92	0.78	0.71	0.86
	a	1.70	1.92	2.14	2.60	2.13	3.10	2.43	2.67	2.00	-	4.44	4.01	10.26	8.28	4.90	3.59
	b	3.57	3.05	3.11	3.53	4.57	3.64	3.80	3.74	3.69	-	3.36	5.12	4.98	5.05	3.85	3.35

5. 仁 井 田

		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
夏 期	$\gamma$	-	0.70	0.98	0.93	0.75	0.76	0.79	0.80	0.77	-	0.73	0.72	0.75	0.80	-	0.78
	a	-	1.18	2.46	1.20	1.41	1.65	1.70	1.67	1.80	-	1.65	0.90	0.76	1.46	-	1.54
	b	-	2.70	2.50	3.05	3.27	2.87	2.98	3.11	3.47	-	2.93	2.91	3.25	2.53	-	3.22
冬 期	$\gamma$	0.92	0.72	0.71	-	0.87	0.83	0.81	0.91	0.91	-	0.98	-	-	0.80	0.89	0.75
	a	3.63	1.24	1.22	-	2.22	2.44	1.87	2.26	2.09	-	3.85	-	-	2.93	5.23	2.39
	b	2.66	3.19	3.88	-	2.77	3.35	3.58	3.43	3.72	-	2.22	-	-	2.74	2.29	3.19

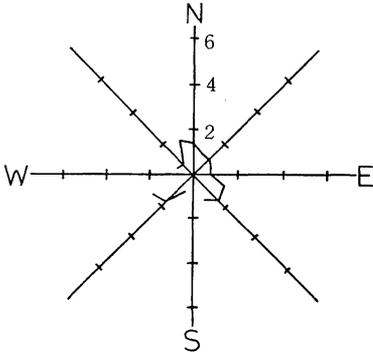
注  $\gamma$  : 相関係数、 a : 直線回帰の勾配、 b : 直線回帰の切片

図-6 風向別の人為的濃度係数と自然的濃度

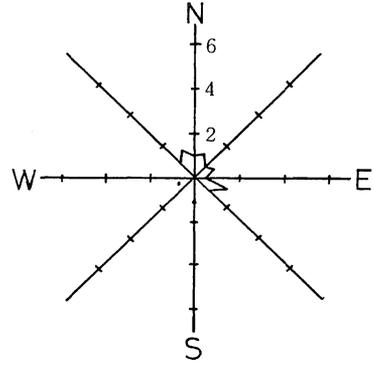
1 天 王

人為的濃度係数

夏 期

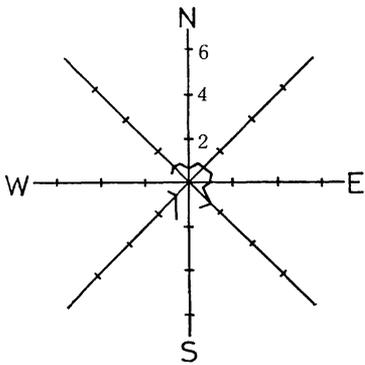


冬 期

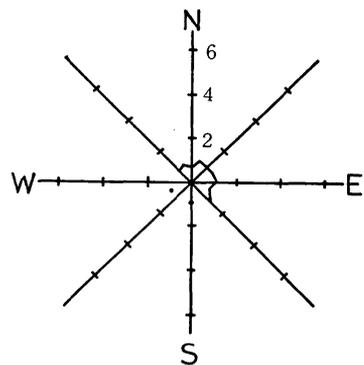


自然的濃度

夏 期



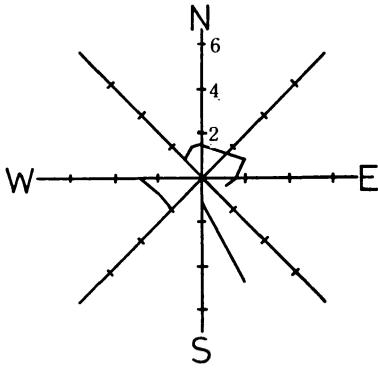
冬 期



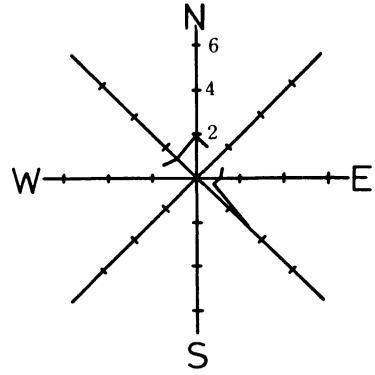
2 將軍野

人為的濃度係數

夏 期

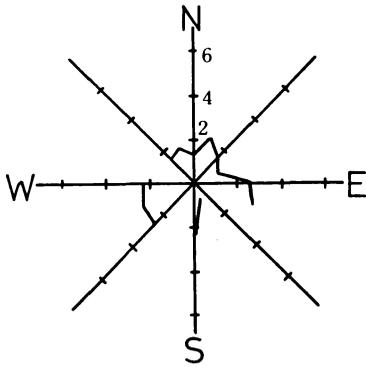


冬 期

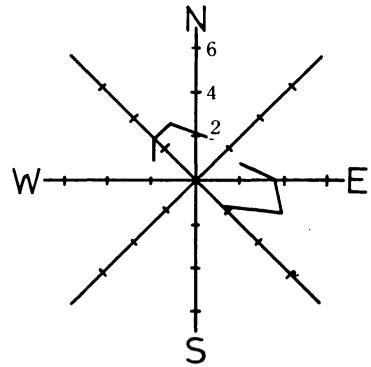


自 然 的 濃 度

夏 期

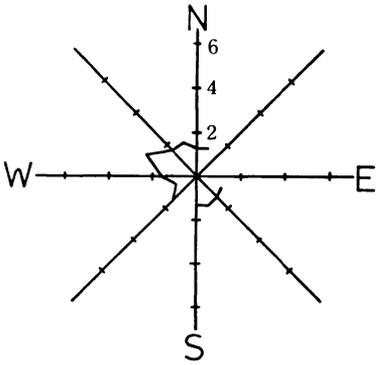


冬 期

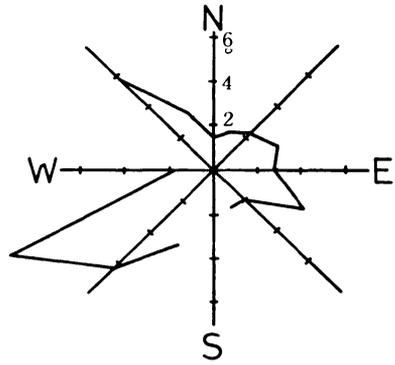


人 為 的 濃 度 係 數

夏 期

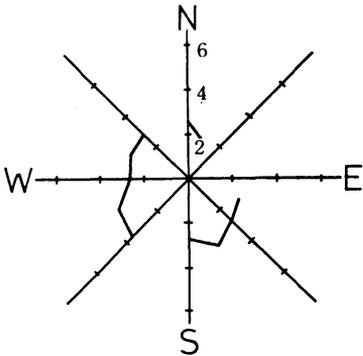


冬 期

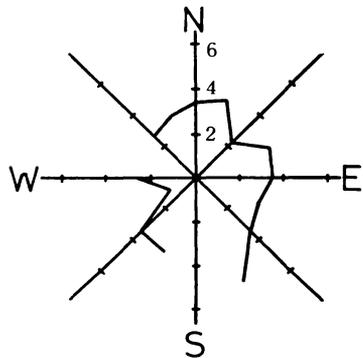


自 然 的 濃 度

夏 期



冬 期

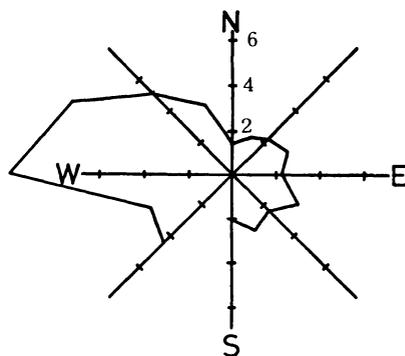
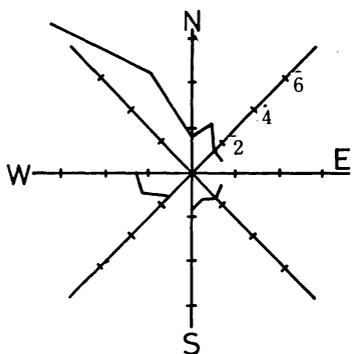


4 茨 島

人 為 的 濃 度 係 數

夏 期

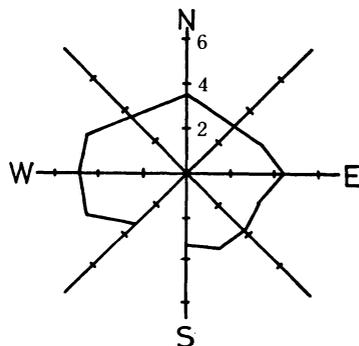
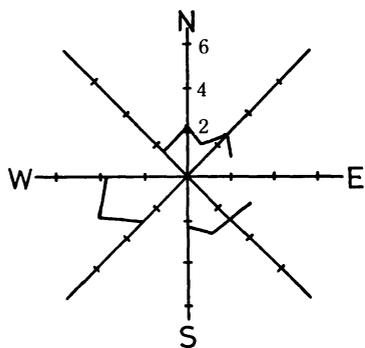
冬 期



自 然 的 濃 度

夏 期

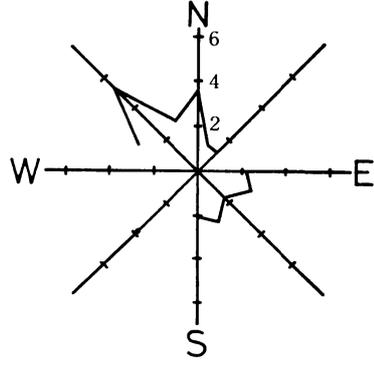
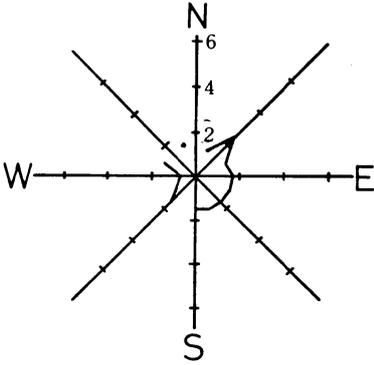
冬 期



人為的濃度係數

夏 期

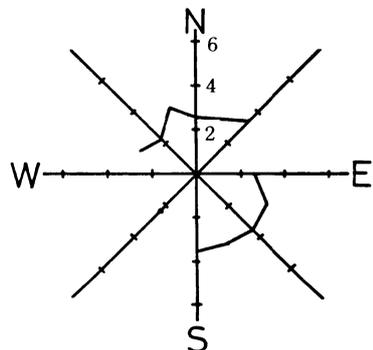
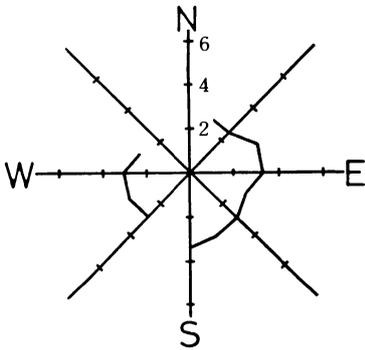
冬 期



自然的濃度

夏 期

冬 期



#### 4 ま と め

Dustによる汚染の原因を追求する方法としては、これまでは風向別濃度分布を作成し、これにより推定していたが、この解析により、Dust濃度を、二つに区分し、それぞれが、どのように影響しあっているかを明らかにすることができ、汚染の原因を追求するうえで、1つの手掛かりを得ることができた。

この解析では、Dust濃度の高い地域においては、自然的濃度もまた高い傾向を示しており、さらに人為的濃度が、どの風向からもつとも影響を与えているのかをも知ることができた。

しかし、この方法では、単にDust濃度を二つに区分けしたにすぎないので、発生源からの影響の程度を明らかにするには、Dustの粒径および、その重金属、陰イオンなどの成分を測定し、この二つの濃度が、どのような発生源によつて形成されているかを、知る必要がある。そのため52年度においては、解析を行つた地点について、アンダーセン・エア・サンプラーを設置し測定を実施している。

#### 参 考 文 献

- 1) 鈴木 栄一：環境統計学
- 2) P・Gホーエル：初等統計学
- 3) 藤村 満：分析化学、24、36(1975)
- 4) 角脇 恰：分析化学、23、490(1974)
- 5) 内山 征洋：群馬県公害研究センター年報第七号(1975)