

# 沖縄県における降下ばいじんの特性 (第三報)

## ——沖縄県におけるばいじん降下量の分布について——

公害室 大見謝辰男

### はじめに

沖縄県では沖縄本島全般にわたるばいじん降下量を把握するため、1976年6月、降下ばいじん測定点を再編し、バックグラウンド的な地域も含めて37地点を配置した。さらに、1977年4月から40地点で測定を行なっている。沖縄本島では台風等の影響で海塩降下量が多く、バックグラウンド的測定点においては総降下量の50%以上を占めている。<sup>1)2)</sup>ここでは、

公害計測という目的から海塩補正ばいじん降下量を求め、その分布について若干の知見を得たので報告する。

### 測定法

#### 1. ばいじん捕集法

ダストジャー法。外国製大型マヨネーズびん(φ=9.7~10.8cm)を高さ1.2mほどの架台を用いて屋上等に約1ヶ月設置し、毎月月

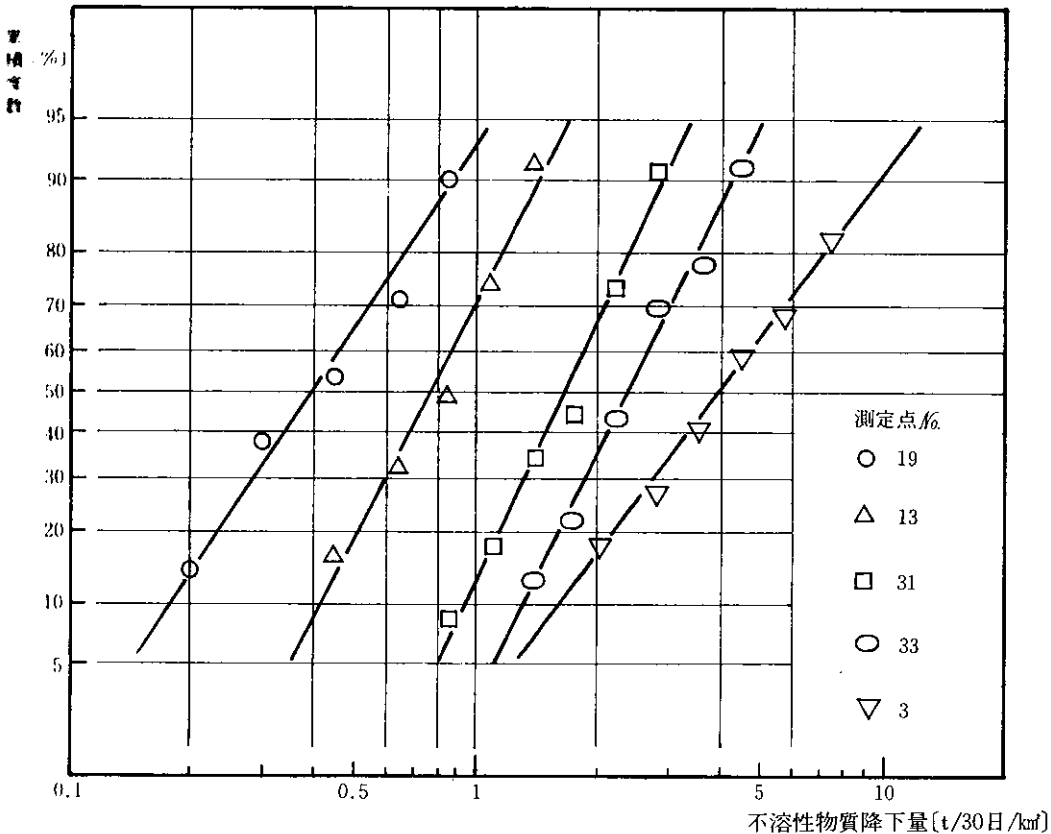


図1 対数正規確率紙における不溶性物質降下量分布(1976.8~1979.3)

未～月始めに回収、交換する。

## 2. 不溶性物質降下量

回収されたダストジャーの内容物を東洋濾紙GS-25 (φ=47mm、水質SS分析用)で吸引濾過、残留物を乾燥し秤量。

## 3. 溶解性物質降下量

上記処理後の濾液をコニカルビーカーに入れ、電気ヒーターで加熱濃縮し、さらにこれをするつばに移しウォーターバスで蒸発乾固させ乾燥した後秤量。

## 4. 乾燥及び秤量条件

恒温乾燥器で110℃、2時間乾燥した後、デシケータ内で30分放冷し秤量。

## 5. Cl<sup>-</sup>降下量

前報参照。

## 海塩補正ばいじん降下量の求め方

Cl<sup>-</sup>降下量からみかけの海塩降下量を換算し<sup>3),4)</sup>次式で求めた。

$$F_{cd} = F_d - F_s \quad \text{①}$$

$$F_c = F_{cd} + F_u \quad \text{②}$$

F<sub>cd</sub> : 海塩補正溶解性物質降下量

F<sub>d</sub> : 総溶解性物質降下量

F<sub>s</sub> : 海塩降下量

F<sub>c</sub> : 海塩補正ばいじん降下量

F<sub>u</sub> : 不溶性物質降下量

単位 : (t/30日/km<sup>2</sup>)

## ばいじん降下量の対数正規分布について

大気汚染物質濃度 (ばいじん降下量も含む)の対数は正規分布するといわれており<sup>5)</sup>実際に当県の一測定点の昭和51～53年度の不溶性物質あるいは海塩補正溶解性物質降下量測定値を一つの母集団とした場合、その対数値はほぼ正規分布をする。(図1、2) このため、当県におけるこれらの降下量の対数は正規確率分布の理論で統計処理できることが

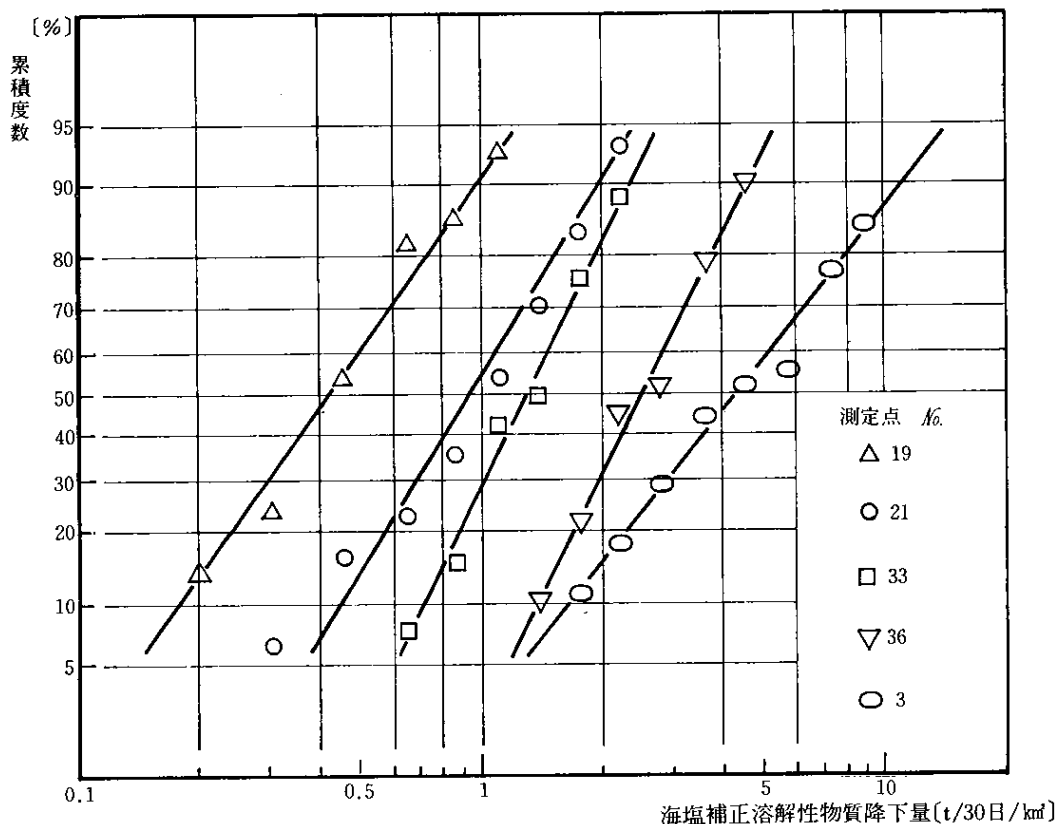


図2 対数正規確率紙における不溶性物質降下量分布(1976.12～1979.3)

〔/30日/km〕

n : データ数  $\sigma$  = 標準偏差

表1 ばいじん降下量幾何平均値、標準偏差

項 目	不溶性物質降下量 X				海塩補正溶解性物質降下量 Y				データ計 nx+ny	備 考			
	51年度	52年度	53年度	全平均	nx	$\log X$ の $\sigma$	52年度	53年度			全平均	ny	$\log Y$ の $\sigma$
1. 今帰仁村玉城	—	0.60	0.59	0.59	21	0.190	0.99	1.2	1.1	19	0.166	40	52年移設
2. 名護市田井等	0.77	0.75	0.78	0.77	26	0.165	0.57	0.62	0.62	21	0.294	47	
3. 〃 安和	7.7	4.8	3.5	4.8	27	0.282	4.2	3.9	4.3	22	0.264	49	
4. 〃 名護HC	1.3	1.2	1.2	1.2	31	0.181	1.4	1.6	1.5	26	0.133	57	
5. 〃 許田	0.64	0.62	0.52	0.59	26	0.224	0.63	0.65	0.62	19	0.327	45	
6. 恩納村名嘉真	1.03	1.2	0.92	1.1	25	0.182	0.97	0.85	1.0	20	0.176	45	
7. 〃 谷茶	0.71	0.68	0.73	0.71	28	0.149	0.57	0.84	0.69	26	0.231	54	
8. 宜野座村村役場	0.37	0.72	0.78	0.76	21	0.159	0.65	0.56	0.60	20	0.323	41	52年新設
9. 金武村村役場	—	0.34	0.39	0.36	26	0.188	0.64	0.77	0.70	22	0.279	48	
10. 〃 嘉芸小	—	0.57	0.48	0.53	21	0.195	0.53	0.33	0.43	19	0.329	40	52年新設
11. 石川市石川HC	0.99	0.91	0.83	0.90	31	0.232	0.85	0.71	0.76	26	0.227	57	
12. 読谷村村役場	0.53	0.67	0.46	0.54	22	0.190	0.68	0.59	0.59	18	0.230	40	
13. 嘉手納町消防署	0.50	1.5	1.4	1.1	31	0.268	1.1	1.3	1.1	25	0.235	56	
14. 沖繩市市役所	—	0.66	0.78	0.71	19	0.170	1.0	0.90	0.95	18	0.241	37	52年移設
15. 〃 高原	9.0	2.1	1.9	2.0	22	0.191	1.4	1.4	1.4	21	0.138	43	
16. 具志川市市役所	0.93	0.71	0.70	0.76	24	0.143	0.72	0.92	0.81	21	0.270	45	
17. 〃 川田	0.55	0.39	0.40	0.43	29	0.257	0.74	0.67	0.70	21	0.205	50	
18. 与那城市公民館	0.47	0.29	0.39	0.36	23	0.246	0.55	0.71	0.58	22	0.302	45	
19. 〃 平安座公民館	0.52	0.41	0.51	0.48	29	0.258	0.43	0.55	0.48	21	0.246	50	
20. 〃 村役場	1.4	1.1	1.2	1.3	17	0.162	1.2	1.2	1.1	12	0.151	29	
21. 北谷市吉原	0.82	0.79	0.71	0.76	26	0.179	1.0	0.92	0.89	24	0.181	50	
22. 宜野湾市大山	—	0.55	0.43	0.50	19	0.189	0.81	0.72	0.77	17	0.207	36	52年新設
23. 中城村久場	0.76	0.92	0.75	0.81	31	0.197	0.84	0.82	0.80	24	0.263	55	
24. 〃 伊舎堂	0.73	0.77	0.60	0.70	24	0.175	0.80	0.50	0.61	23	0.330	47	

25.	中城村和字慶	0.62	0.71	0.77	0.71	0.71	0.142	0.75	0.67	0.72	22	0.196	48	51年10月移設
26.	西原町小那霸	1.1	0.91	0.73	0.87	0.87	0.200	0.76	1.1	0.90	20	0.165	48	
27.	〃 我謝	2.5	1.8	1.8	1.9	1.9	0.229	1.2	1.1	1.2	20	0.184	43	
28.	浦添市市役所	1.9	3.1	1.6	2.3	2.3	0.247	1.5	1.3	1.3	18	0.144	40	
29.	〃 那覇工高	—	2.7	2.9	2.8	2.8	0.113	2.3	2.7	2.5	20	0.133	41	52年新設
30.	那覇市首里支所	2.1	2.8	2.1	2.3	2.3	0.183	1.5	1.6	1.5	22	0.193	49	
31.	〃 公舎衛研	1.9	1.5	1.3	1.5	1.5	0.199	1.6	1.6	1.7	22	0.117	48	
32.	〃 旭町	5.4	5.1	5.5	5.3	5.3	0.136	2.6	3.2	2.9	17	0.188	46	
33.	〃 壺川	3.2	3.0	2.6	2.9	2.9	0.184	1.9	1.9	1.8	23	0.191	52	
34.	〃 那覇病院	—	2.4	1.6	2.0	2.0	0.269	2.5	1.7	2.1	18	0.165	40	52年移設
35-1	〃 小緑高校	4.5	2.7	—	3.7	3.7	0.221	1.4	—	1.6	8	0.104	20	
35-2	〃 〃	—	—	1.5	1.5	1.5	0.122	—	1.5	1.5	7	0.200	15	51、52年図書館 53年4F教室屋上
36	南風原村津嘉山	5.0	4.4	3.3	4.0	4.0	0.210	2.8	2.6	2.7	23	0.196	51	
37.	豊見城村役所	—	3.6	3.5	3.5	3.5	0.192	2.1	2.0	2.0	16	0.214	33	52年移設
38.	玉城村親慶原	0.65	0.51	0.47	0.5	0.5	0.269	0.57	0.68	0.64	24	0.307	54	
39.	糸満市兼城	1.0	0.89	0.67	0.8	0.8	0.199	0.63	0.82	0.75	22	0.200	52	
40.	〃 摩文仁	→	0.59	0.80	0.7	0.7	0.157	0.65	0.80	0.73	15	0.196	33	52年に51年の データを含む №1へ移設
41.	今帰仁村玉城(Ⅱ)	1.2	—	—	1.2	1.2	0.304	—	—	1.1	4	0.233	11	
42.	沖縄市コザH. C.	1.2	—	—	1.2	1.2	0.191	—	—	1.0	4	0.206	12	№14へ移設
43.	那覇市古波蔵	3.2	—	—	3.2	3.2	0.124	—	—	1.5	4	0.142	12	
44.	〃 中央H. C.	2.1	—	—	2.1	2.1	0.129	—	—	1.8	4	0.044	12	№34へ移設
45.	豊見城村翁長	0.61	—	—	0.61	0.61	0.328	—	—	0.35	4	0.532	12	
46.	那覇市開南小	3.0	—	—	3.0	3.0	0.179	—	—	1.8	6	0.159	15	51. 8月～ 52. 5月
47.	〃 若狭	—	—	1.9	1.9	1.9	0.299	—	1.3	1.3	7	0.235	14	

わかった。対数として扱うため、以後の平均値は幾何平均による。

### 疑わしい値の棄却検定

不溶性物質降下量の1976年8月<sup>(注1)</sup>～1979年3月の一測定点の測定値を一つの母集団として、測定値の対数の平均値と標準偏差を求め、Grubbsの方法等<sup>6)</sup>を用い、5%の危険率で疑わしい値の棄却検定を行なった。なお、長期にわたる道路工事とか、設置場所を移動させた場合は、その期間の測定値は別の母集団として扱った。

海塩補正溶解性物質降下量についても同様な方法で、1976年12月<sup>(注2)</sup>～1979年3月の測定値を用いて検定を行なった。

(注1) 1976年6月に37地点が設置されたが、常法で用いているセルローズ濾紙(N<sub>o</sub>.5C)では吸湿性が強く、バックグラウンド的測定点の不溶性物質降下量を精度よく測定するのが難しいため、同年8月より分析誤差の小さいガラス繊維濾紙を測定に用いた。このため、同年8月からの測定値をデータとして採用した。

(注2) ばいじん中Cl<sup>-</sup>分析は1976年12月より継続しており、それ以前の海塩補正溶解性物質降下量は求めている。

### 測定点別幾何平均値及び標準偏差

前記の方法で異常値を棄却した後、各測定点ごとに母集団の幾何平均値と対数値の標準偏差を求めた。ただし、異常値と判断されても、その原因が道路工事等のように明らかに人為的かつ広範囲に影響を及ぼしていると思われるものについてはこれを棄却せず、年度別の平均値計算に組み入れた。

一般に、経年変動の大きな測定点ほど標準偏差も大きくなっている。(表1)

### 不溶性物質降下量と海塩補正溶解性物質降下量の相関

不溶性物質降下量をX、海塩補正溶解性物質降下量をYとすると、一測定点内におけるlogXとlogYは無相関であるが、logXが大きな値で分布するとlogYも大きな値で分布し、逆にlogXが小さな値で分布するとlogYも小さな値で分布する。(図3) このため

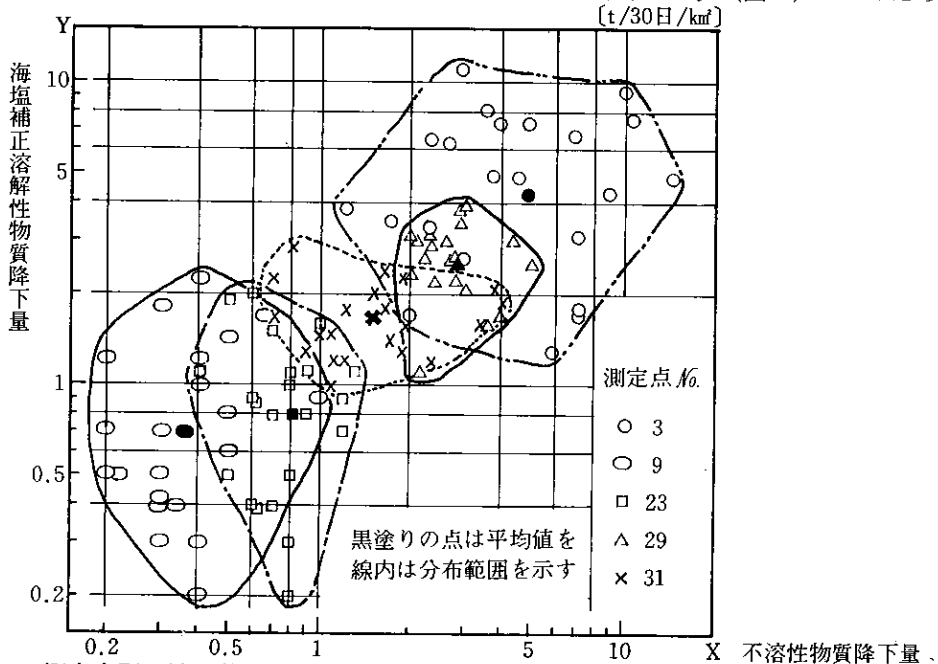


図3 測定点別不溶性物質及び海塩補正溶解性物質降下量分布(1976.12～1979.3)

$\log X$ の分布と $\log Y$ の分布は何らかの関係があると思われた。そこで、40測定点それぞれの母集団の分布を代表する幾何平均値 $\bar{X}$ と $\bar{Y}$ の関係を求めると

$$\log \bar{Y} = 0.662 \log \bar{X} - 0.0101 \quad \text{--- ③}$$

( $\gamma = 0.913, n = 41$ )

であらわされる強い正の相関が得られた。(図4) なお、No.35小祿高校は1978年4月より設置場所を移動したため、移動前後の二つに分けて $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ を求め、③式の $n$ が41になっている。

次に、年度別に $\bar{X}$ と $\bar{Y}$ の関係を求めると、昭和52年度(1977.4~1978.3)は

$$\log \bar{Y} = 0.638 \log \bar{X} - 0.0168 \quad \text{--- ④}$$

( $\gamma = 0.912, n = 40$ )

昭和53年度(1978.4~1979.3)は

$$\log \bar{Y} = 0.692 \log \bar{X} + 0.0185 \quad \text{--- ⑤}$$

( $\gamma = 0.890, n = 40$ )

という相関が得られた。④、⑤式より、両年度の $\bar{X}$ と $\bar{Y}$ の相関はほとんど変わらないといえる。(図5) これは、一部を除き、ほとんどの測定点が近くに特殊な汚染源がなく、降下物の大半が地表から舞い上がった土ボコリ等の同一の成分であるためと思われる。

以上のことより、一測定点内における $X$ と $Y$ は無相関であるが、全測定点におけるそれぞれの $\log \bar{X}$ と $\log \bar{Y}$ (または $\log X$ の分布と $\log Y$ の分布)は強い正の相関があることがわかった。このことから、不溶性物質降下量のみを長期間測定することにより、その測定点の海塩補正ばいじん降下量をほぼ適確に把握することが可能であるといえる。

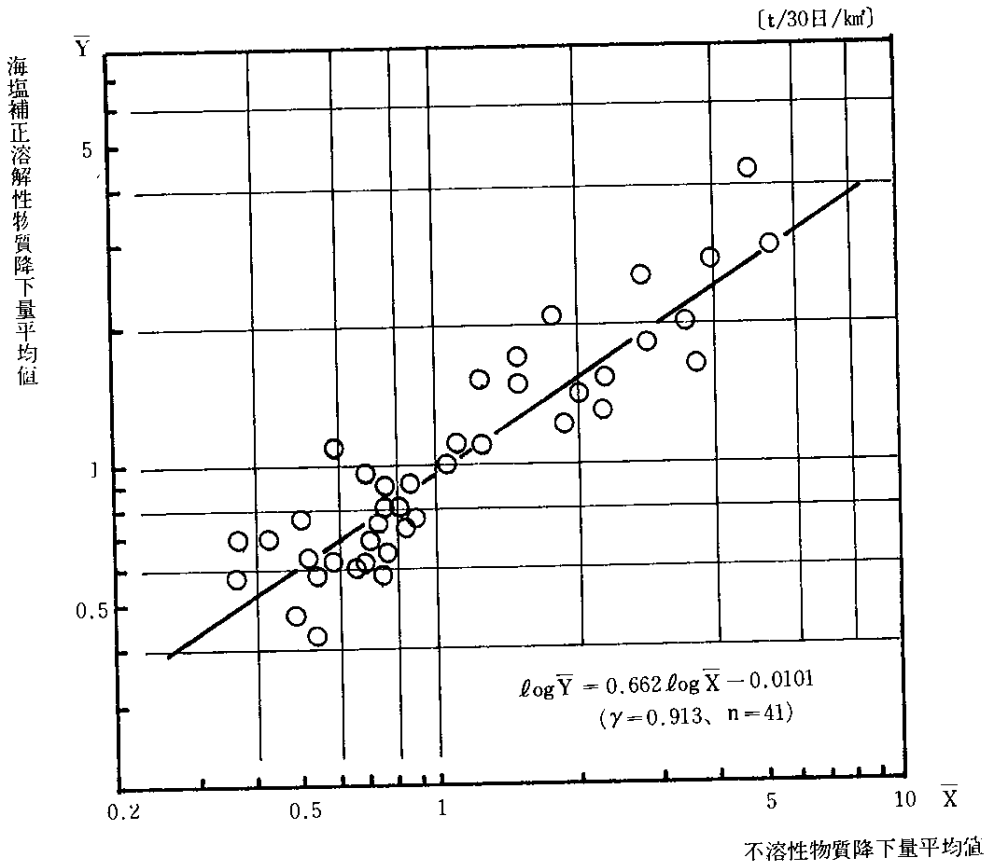


図4 不溶性物質降下量幾何平均値と海塩補正溶解性物質降下量幾何平均値の相関(1976.9~1979.3)

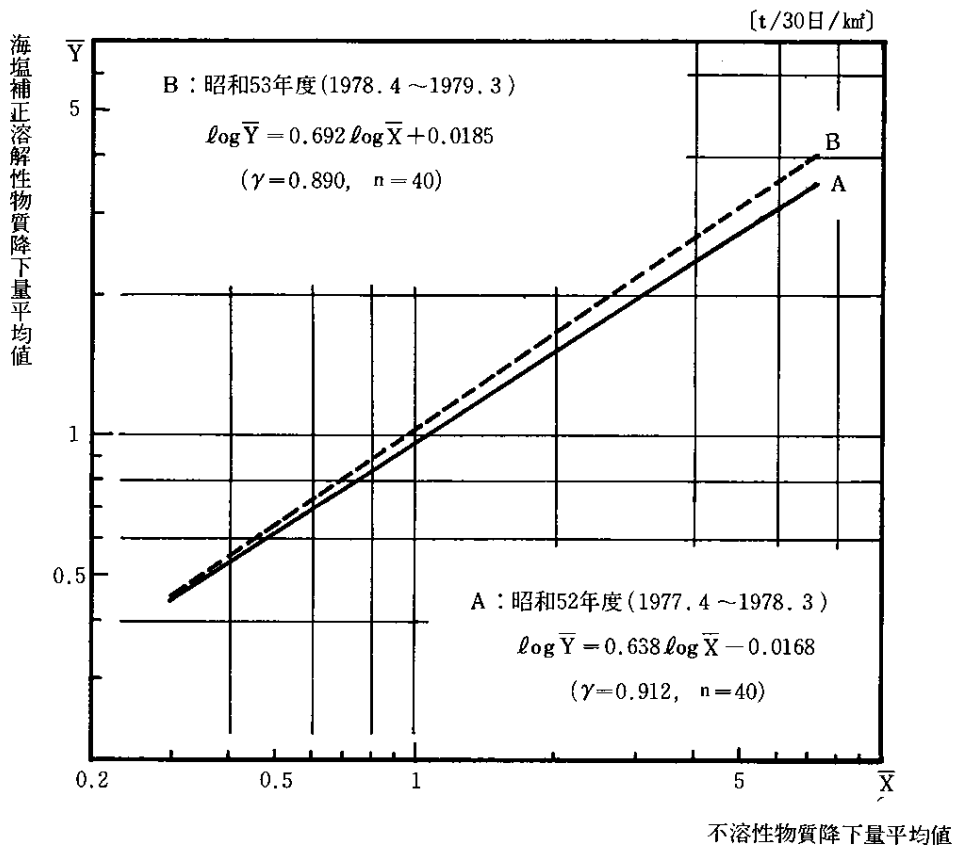


図5 不溶性物質降下量幾何平均値と海塩補正溶解性物質降下量幾何平均値の相関(年度別)

### ばいじん降下量経年変化

沖縄本島ではかなりの海塩降下量があり、総溶解性物質降下量を比較し評価することは公害計測としては不適である。<sup>1),2),4)</sup>また、海塩降下量を求めてこれを補正しても、海塩降下量推算時に±10%程度の誤差があるため、<sup>3)</sup>バックグラウンド的地点においてはかなり大きな相対誤差となり、特に台風や冬期季節風の影響を強く受けた月の海塩補正溶解性物質降下量は負の値を示すことすらある。一方、前述のように不溶性物質降下量の年単位の分布状況よりその測定点の海塩補正ばいじん降下量を把握できることから、経年変化は不溶性物質降下量のみに着眼しても十分に評価し得ると思われる。

不溶性物質降下量の昭和51～53年度(51年度は8月から)の経年変化を図6に示し、経

年変化の大きな測定点について考察を加える。

#### №.3 名護市安和

年々降下量が減少しており、52年度と53年度の平均値も1%の危険率で有意な差があった。季節変動としては冬期のほうが降下量が多いので、北隣の工場の影響を受けていると思われる。

#### №.13 嘉手納町消防署

52年度から降下量が急増しているが、これは次のことが考えられる。51年度は消防署の火の見やぐらに設置されており、52年度からは2階屋上に下ろした。高所の、風が強いところはばいじん捕集率が悪い<sup>5)</sup>といわれており、また、2階屋上の対面を同程度の高度でインターチェンジが走っているため自動車による道路からの砂塵の舞い上がり<sup>5)</sup>も考えられることから、移設による影響と思う。

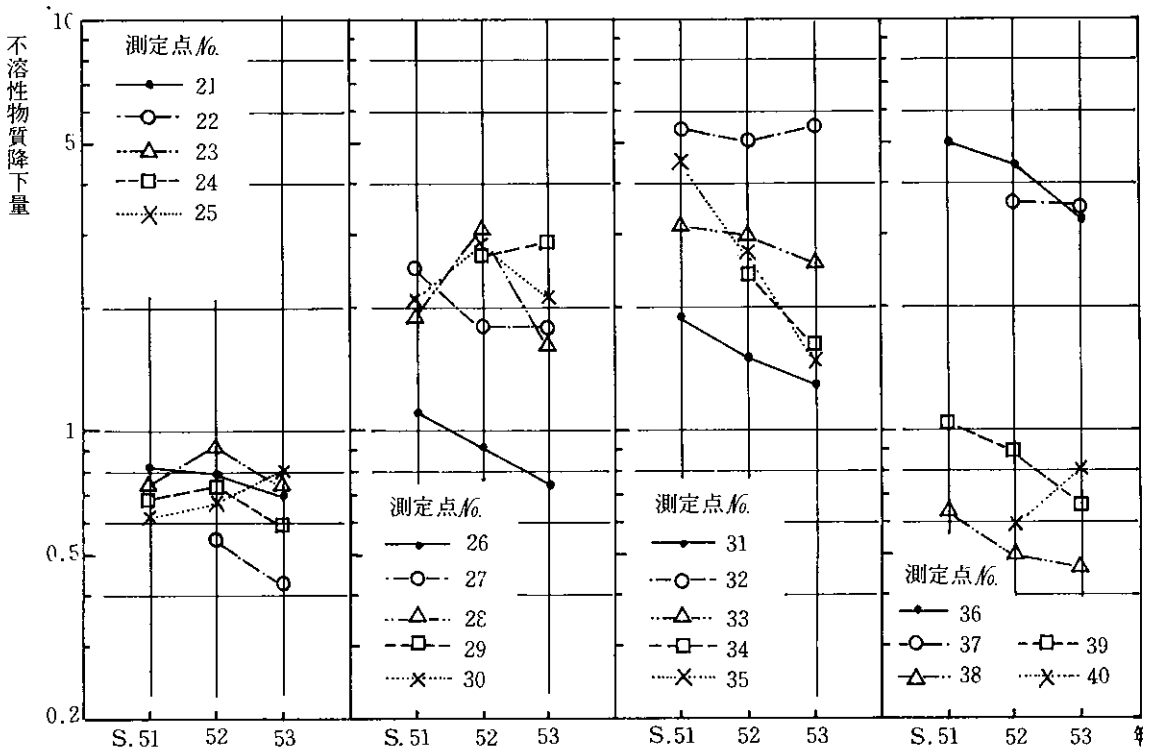
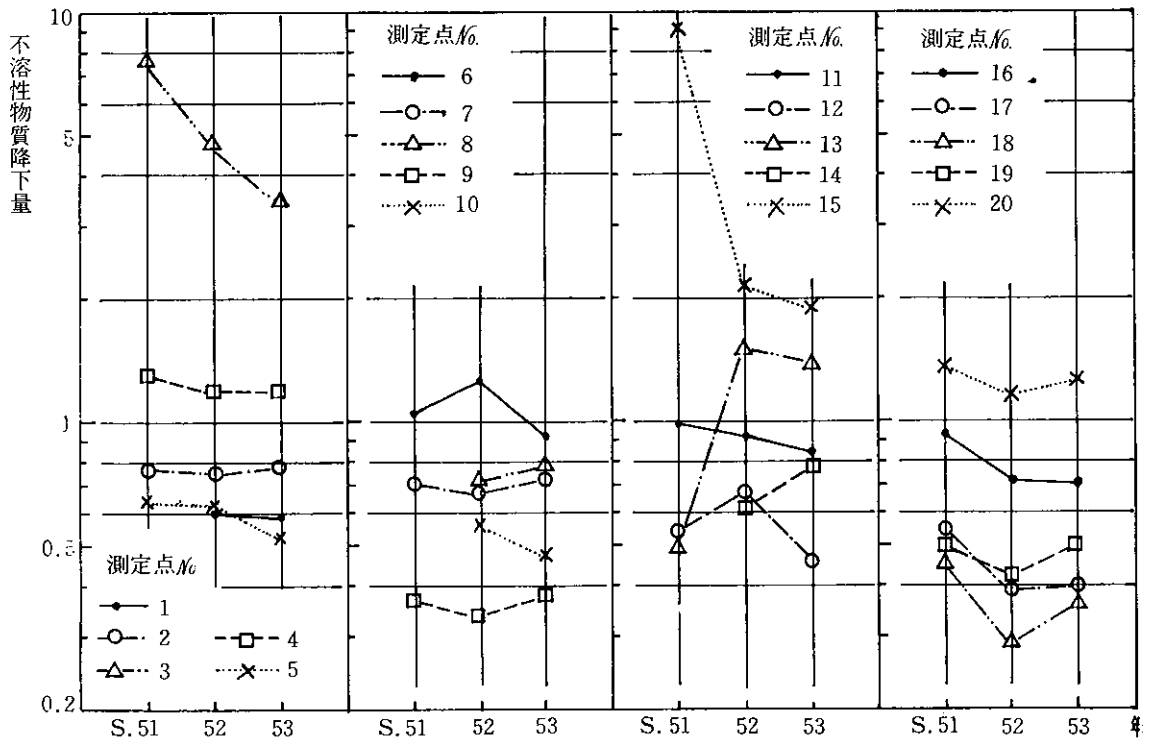


図6 不溶性物質降下量経年変化



また、52年度後半は、交通区分変更(730)に伴う付近の道路工事でほこりっぽい状態であった。

#### №. 沖繩市高原

51年度は長期にわたる大規模な導水管工事のため降下量が著しく多かったが、工事終了と同時に降下量も激減した。

#### №. 35那覇市小緑高校

51、52年度はグラウンド隣の平屋建て図書館屋上に設置しており、グラウンドからの土ボコリの舞い上がりの影響が強かった。53年度は4階校舎の屋上に移設したため、グラウンドからの影響をほとんど受けず降下量も減少した。

#### まとめ

1. 沖繩本島における不溶性物質降下量及び海塩補正溶解性物質降下量の対数は正規確率分布をする。

2. 不溶性物質降下量をX、海塩補正溶解性物質降下量をYとすると、一測定点内におけるXとYは無相関であるが、全40測定点におけるそれぞれの $\bar{X}$ と $\bar{Y}$ は強い正の相関があり、1976年8月～1979年3月の測定値において

$$\log \bar{Y} = 0.662 \log \bar{X} - 0.0101 (\gamma = 0.913)$$

の回帰式が得られ、年度別に相関を求めると1977年4月～1978年3月で

$$\log \bar{Y} = 0.638 \log \bar{X} - 0.0168 (\gamma = 0.912)$$

1978年4月～1979年3月で

$$\log \bar{Y} = 0.692 \log \bar{X} + 0.0185 (\gamma = 0.890)$$

となった。

3. 不溶性物質降下量を長期間測定すること

により、自然界からの妨害である海塩降下現象に左右されない海塩補正ばいじん降下量を推定できる。降下ばいじんを「公害」として評価する際、特殊な汚染源からの影響の変動がなければ、従来の方法(降下総量の算術平均値で比較)よりもこの方法が沖繩県にとっては妥当である。

4. これまで最もばいじん降下量の多かった№. 3名護市安和における降下量は年々減少している。

#### 参考文献

- 1) 大見謝辰男、沖繩県における降下ばいじんの特性(第一報)—— $\text{Cl}^-$ 分析による測定値の再評価について——、沖繩県公害衛生研究所報、第12号、1978
- 2) 昭和53年度降下ばいじん測定結果報告 沖繩県公害衛生研究所、1979
- 3) 大見謝辰男他、降下ばいじんの分析——台風時における塩分の異常降下について——、沖繩県公害衛生研究所報、第11号、1977
- 4) 大見謝辰男、沖繩県における降下ばいじんの特性(第二報)——沖繩本島における $\text{Cl}^-$ (海塩)降下量について——、沖繩県公害衛生研究所報、第13号、1979
- 5) 大喜多敏一、大気汚染測定点の選び方及びデータの評価法、厚生省環境衛生局公害課、1968
- 6) 環境測定分析参考資料〔第5分冊〕第3章測定分析結果の評価、環境庁企画調整局研究調整課、1978