

降下ばいじん量と降水量の間の関係について (IV)

佐野 慥*・太田 洋**・市川俊子***・坪井 勇***

Relation between the Dust-fall and Rain-water Quantity Both Measured by a Deposit-gauge Assembly (4)

Isamu SANO, Hiroshi OHTA,
Toshiko ICHIKAWA and Isamu TSUBOI

Utilizing the data of the dust-fall and rain-water measurements through a deposit-gauge net-work at Kasugai city (Aichi pref.) for the space of 1985 to 1987, at Kushiro city (Hokkaido) and Atsumi town (Aichi pref.) for 1986 to 1987, we have made sure of the relations between dust-fall and rain-water quantities to which we had referred in previous reports, and then, in the same way as that in the previous ones, we have calculated the collection efficiency of a rain-drop for a dust-particle and further, the amount of air-suspending dust, a portion of which might be scavenged by rain.

By taking into consideration the results so obtained together with those we had indicated in the previous reports, we have come to the conclusion that, throughout the districts we had hitherto surveyed, (1) the collection efficiency be generally of the order of 10^{-2} for rain-drops of 0.5~1 mm diameter against dust-particles of 4~10 μm diameter under rain-fall intensities of 0.1~1 mm/h, and (2) the amount of suspending dust be of the range of 3~5 t/km² · mo.

Additionally, we have contrived a more direct and precise treatment to calculate these quantities and have applied it to some of the 1987 data at Kasugai city in the present report, the result being such that (1) the magnitude of the collection efficiency gets 2~3 times greater, with little difference in order and (2) the amount of suspending dust remains nearly unchanged.

はじめに

前3報^{1)~3)}に続き、降下ばいじん計によるばいじん総量と降水量の各測定値の間の関係を考察し、これらの間の関係式が今回も成立すること、衝突効率も空気中の浮遊ばいじん量もその値が前3報と同じ程度のものであることなどを認めた。

なお、資料は愛知県春日井市の測定値(昭和60および61年度)の他に、北海道釧路市の測定値(昭和61年度)⁴⁾、さらに愛知県渥美郡渥美町の測定値(昭和61年度)⁵⁾である。

調査結果

表1-1および1-2に春日井市の、表1-3に釧路市の、表1-4に渥美町の、それぞれ、降下ばいじん総量(M, t/km²・月)と降水量(V, l/月)^{*1}の各測定値を掲げた。

春日井市のばいじん量測定値(表1-1および表1-2)の中、地点No.10でばいじん量が両年度とも3.5(t/km²・月)と多いのはO製紙K工場に近いと考えられる。No.4で少ないのは市内ではあるが、閑静で緑の多い住居地区にあるためと思われる。

今回、資料を得て検討した釧路市は春日井市と状

*名古屋大学名誉教授

**環境工学研究所

***春日井市環境分析センター

*1 正しくは、ばいじん計内降水量

表1-1 調査結果（昭和60年度 春日井市）

M：降下ばいじん量（t/km²・月） V：降水量（l/月）

調査地点	年月	年月												平均 (\bar{M} , \bar{V})
		60 4	5	6	7	8	9	10	11	12	61 1	2	3	
1	M	3.2	2.9	2.7	2.5	2.3	2.4	1.8	2.4	1.7	1.8	3.0	—	2.4
	V	14.4	10.1	23.8	19.1	4.5	8.2	4.1	7.2	1.0	1.7	1.5	—	8.7
2	M	2.5	2.2	1.7	1.9	1.1	2.1	1.3	1.6	1.0	0.9	1.3	2.9	1.7
	V	13.7	9.1	23.3	15.6	2.6	6.9	3.7	7.0	1.0	1.7	1.8	8.8	7.9
3	M	3.0	2.8	2.5	2.1	1.7	1.8	—	1.6	1.1	1.1	1.5	3.0	2.0
	V	14.0	8.8	22.5	16.8	4.5	7.0	—	7.3	1.0	1.6	1.7	7.7	8.4
4	M	2.5	2.2	1.8	1.3	1.2	2.4	1.2	1.4	0.6	0.9	1.3	2.5	1.6
	V	12.6	8.9	22.0	12.9	1.5	8.3	3.9	6.4	1.1	1.6	1.5	7.3	7.3
5	M	2.9	2.7	2.4	1.9	1.5	2.0	1.4	1.8	1.3	1.4	1.8	3.4	2.0
	V	14.0	8.1	22.6	15.3	4.0	5.8	3.6	7.5	1.0	1.6	1.8	7.4	7.7
6	M	3.5	3.2	3.7	—	3.4	—	1.5	1.9	1.4	1.2	1.5	3.3	2.5
	V	14.7	8.9	23.1	—	5.0	—	3.7	8.2	1.0	1.6	1.8	7.5	7.6
7	M	3.1	2.9	3.1	2.6	2.6	2.5	1.6	1.9	1.2	1.3	1.3	3.2	2.3
	V	14.6	8.8	21.8	16.9	5.6	6.1	3.6	9.1	0.9	1.5	1.8	7.9	8.2
8	M	4.8	4.4	5.7	4.6	3.2	4.5	2.6	2.9	1.9	2.3	2.3	3.8	3.6
	V	13.8	7.7	21.3	15.7	3.6	5.1	2.9	7.5	1.1	1.2	1.5	7.6	7.4
9	M	3.4	3.2	2.7	2.7	2.0	2.5	1.6	1.6	1.1	1.4	1.5	3.4	2.3
	V	13.7	7.8	21.2	15.6	3.6	5.3	4.0	7.9	1.1	1.6	1.9	7.8	7.6
10	M	5.3	3.4	3.4	2.7	1.9	3.2	2.2	3.6	2.8	3.2	3.3	7.2	3.5
	V	15.1	9.1	23.3	18.0	5.5	6.5	4.3	8.3	1.3	2.0	2.0	8.7	8.7
11	M	4.1	3.1	2.9	2.8	1.4	2.4	1.8	2.7	1.7	1.8	1.9	3.9	2.5
	V	14.8	8.0	22.1	16.5	4.3	4.9	4.0	7.9	1.1	1.7	1.9	8.0	7.9
12	M	4.0	3.3	3.2	2.8	2.2	2.8	1.8	2.3	1.8	1.6	2.1	3.5	2.6
	V	14.3	8.9	21.3	17.0	4.9	5.8	3.2	8.7	0.9	1.2	1.8	8.0	8.0

総平均 \bar{M} 2.4₂ \bar{V} 7.9₆況が異なるようである*₂。

これらの表1（1～4）より M/V を縦軸に、V を横軸に目盛ってグラフを描くと、図1の通りで、双曲線の傾向が見られる*₃。

考察（I） ばいじん量と降水量の測定値の間の関係(1)

図1（1～4）を、横軸に1/V を採って描き改め

*₂ 春日井市も釧路市も降下ばいじんは春季に多いが秋季に少なく、この点、両者似ているが、量は格段に違い、最高値が春日井市3.5t/km²・月（昭和60および61年度）、釧路市53.2t/km²・月（61年度）となっている。ばいじん量の年間平均値は春日井市と釧路市、それぞれ、1.6～3.5t/km²・月および3.3～16.9t/km²・月である。この違いの原因は明らかでないが、おそらく、釧路市ではスパイクタイヤが11月20日～4月20日の間使われていることと関係があるように思われる。因みに、降水量は5.0～8.7（l/月）および4.3～5.5（l/月）である。

*₃ 紙面の都合上、各地域ともそれぞれ2例を示した。

表1-2 調査結果 (昭和61年度 春日井市)

M:降下ばいじん量 (t/km²・月) V:降水量 (l/月)

調査地点	年月	61										62			平均 (\bar{M} , \bar{V})
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
1	M	3.2	2.8	2.9	—	—	—	2.0	2.1	2.2	1.6	3.2	4.1	2.7	
	V	12.0	11.4	10.3	—	—	—	2.1	2.1	5.0	5.9	1.9	13.1		7.1
2	M	2.3	2.2	2.1	—	0.8	1.9	1.6	1.5	1.3	1.5	1.6	3.3	1.8	
	V	10.9	10.3	9.4	—	0.0	4.8	1.8	2.3	5.1	5.2	1.6	12.9		5.8
3	M	2.2	2.5	2.3	—	0.9	2.3	1.4	1.4	1.1	1.6	1.9	2.3	1.8	
	V	11.3	10.6	9.8	—	0.0	4.7	2.2	2.3	5.0	5.0	1.6	11.8		5.8
4	M	2.2	2.0	1.5	—	0.7	1.4	1.4	1.1	1.4	1.1	1.0	3.3	1.6	
	V	10.3	9.5	8.4	—	0	4.6	2.3	2.3	4.7	4.1	1.5	12.6		5.5
5	M	2.9	2.7	2.4	—	1.0	2.2	1.6	1.5	1.4	1.8	2.1	3.0	2.1	
	V	10.9	10.2	9.5	—	0	4.1	2.1	2.0	5.0	4.8	1.4	12.8		5.7
6	M	3.2	2.9	3.3	—	1.9	2.0	1.9	1.4	1.4	1.6	1.8	2.7	2.2	
	V	11.3	11.5	10.2	—	0.8	4.2	2.0	2.4	5.0	5.1	1.8	13.4		6.2
7	M	3.2	2.7	2.5	—	0.8	2.2	1.9	1.7	2.2	1.7	2.0	2.9	2.2	
	V	11.0	11.0	9.1	—	0	4.0	1.9	2.2	5.1	4.9	1.5	13.4		5.8
8	M	3.9	3.8	2.6	—	2.6	2.3	1.6	2.0	2.9	2.5	2.7	3.1	2.7	
	V	11.9	12.4	6.1	—	3.8	5.2	1.6	2.3	6.0	4.2	2.8	9.1		5.9
9	M	3.3	—	2.6	—	0.6	2.9	1.6	1.5	—	1.6	2.0	3.3	2.2	
	V	9.1	—	8.6	—	0	4.0	2.0	2.3	—	4.9	1.6	12.5		5.0
10	M	4.8	3.7	2.8	—	0.8	3.4	3.0	2.7	4.0	4.1	4.7	5.0	3.5	
	V	11.9	12.8	10.8	—	0	4.2	2.4	2.4	5.8	5.3	2.0	15.2		6.6
11	M	3.5	2.8	2.7	—	1.1	2.7	1.8	1.9	2.3	2.2	2.4	3.3	2.4	
	V	11.1	11.0	9.5	—	0	4.4	2.2	2.2	5.2	5.0	1.7	13.7		6.0
12	M	—	2.7	2.8	—	1.0	2.7	2.1	1.6	1.8	2.2	2.3	2.4	2.2	
	V	—	10.9	9.6	—	0	3.6	1.9	2.2	5.2	4.6	1.7	13.9		5.4

総平均 \bar{M} 2.2₈

\bar{V} 5.9₀

ると図2 (1~4) の如く、直線関係

$$M/V = k \cdot 1/V + \Delta \quad (1)$$

が成立し、その勾配 (k, t/km²・月) と切片 (Δ, t/km²・l) は表2 (1~4) の通りになる*4。

考察 (Ⅱ) ばいじん量と降水量の測定値の間の関係(2)

表1 (1~4) のばいじん量と降水量の測定値の

間の関係を、縦軸にばいじん量(M)、横軸に降水量(V)を選んで図を描くと放物線の関係が見られるので(図3, 1~4)、これに対し、次式

$$M = m + \alpha V - \beta V^2 \quad (2)$$

$$m > 0, \alpha > 0, \beta > 0$$

を想定して係数m, α およびβを算出し*4, 表3 (1~4) を得た。

*4 最小二乗法により算出。なお、kの値は年間平均ばいじん量 (\bar{M}) とほぼ同じ値で、一般に次の関係 $\bar{M} > k > m$ にあることが知られているが、釧路市の場合には $\bar{M} < k$ とか或は $\bar{M} \approx k > m$ の地点がある (mについては後記参照のこと)。

表1-3 調査結果 (昭和61年度 釧路市)

M: 降下ばいじん量 (t/km²・月) V: 降水量 (l/月)

調査地点	年月	年月												平均 (M, V)
		61 4	5	6	7	8	9	10	11	12	62 1	2	3	
1	M	11.5	5.9	4.6	3.1	3.7	3.1	3.5	2.8	5.5	3.4	3.7	8.3	4.9
	V	5.0	4.4	7.0	8.3	8.6	10.4	1.6	1.5	4.8	1.8	0.4	4.8	4.9
2	M	16.1	10.1	5.6	3.3	3.2	4.2	4.8	5.1	18.8	8.6	10.2	20.5	9.2
	V	4.8	6.1	8.3	9.2	8.3	10.3	2.1	1.7	5.1	2.9	0.7	5.3	5.4
3	M	25.5	17.1	6.7	5.0	5.4	8.0	5.4	7.5	25.4	15.5	27.7	53.2	16.9
	V	4.7	6.2	8.1	9.5	7.9	10.5	1.9	2.1	5.2	3.2	0.7	5.1	5.4
4	M	6.2	6.2	4.4	3.0	4.1	5.4	3.8	4.4	5.5	2.4	3.3	5.4	4.5
	V	4.1	4.9	5.8	8.4	7.1	10.7	1.7	1.6	4.8	1.6	0.5	4.5	4.6
5	M	6.7	6.5	8.7	3.6	5.8	3.7	4.6	3.9	4.0	—	4.6	7.0	5.4
	V	5.3	6.3	7.6	9.9	8.5	10.4	1.3	1.5	4.9	—	0.7	4.4	5.5
6	M	8.2	5.4	3.8	2.9	6.0	5.2	3.9	8.5	7.5	3.6	4.9	8.6	5.7
	V	3.3	4.5	5.7	6.6	6.1	13.3	1.3	1.2	3.6	1.5	0.4	3.7	4.3
7	M	—	5.2	5.9	2.5	6.5	4.9	5.0	8.3	6.7	3.5	2.7	10.0	5.6
	V	—	5.8	7.3	9.2	7.6	15.3	1.4	1.6	4.9	2.1	0.5	4.7	5.5
8	M	16.9	14.0	20.6	—	7.7	6.2	10.8	11.3	15.6	4.5	9.7	14.7	12.0
	V	5.5	6.6	7.4	—	7.5	17.1	0.5	1.1	4.6	2.8	1.3	4.6	5.4
9	M	5.0	3.5	3.2	1.9	6.1	2.5	2.4	3.7	4.4	0.9	1.9	3.6	3.3
	V	3.7	6.2	5.3	6.8	7.5	13.3	1.5	1.4	4.6	0.6	0.5	3.8	4.6

総平均 \overline{M} 7.5₀ \overline{V} 5.0₇

表1-4 調査結果 (昭和61年度 渥美町)

M: 降下ばいじん量 (t/km²・月) V: 降水量 (l/月)

調査地点	年月	年月												平均 (M, V)
		61 4	5	6	7	8	9	10	11	12	62 1	2	3	
1	M	6.3	3.2	5.0	4.2	6.2	6.5	4.9	4.0	7.9	3.5	4.5	7.0	5.3
	V	6.5	7.6	20.0	15.8	3.1	14.0	2.3	2.3	8.0	4.2	2.4	14.9	8.4
2	M	3.6	5.3	1.8	5.8	2.1	3.2	2.9	2.6	3.9	2.7	2.7	3.7	3.4
	V	6.9	19.8	17.4	20.9	5.4	11.3	2.4	2.4	6.3	3.4	2.6	12.8	9.3
3	M	4.5	6.5	2.1	7.9	4.1	4.4	3.8	3.4	5.2	2.9	3.4	6.6	4.6
	V	8.1	17.7	15.3	23.2	4.3	12.5	2.6	1.9	6.8	3.9	2.7	15.4	9.5
4	M	4.6	6.3	2.6	2.4	1.9	4.4	2.2	1.8	4.4	2.2	1.7	3.4	3.2
	V	7.3	22.3	15.5	19.5	3.7	13.7	3.4	2.0	6.1	4.9	2.7	15.3	9.7
5	M	6.1	6.4	2.4	2.9	2.3	3.8	2.3	1.5	4.2	2.0	1.7	3.1	3.2
	V	12.5	19.8	16.8	20.5	3.4	13.6	4.0	2.0	7.8	4.6	3.2	15.9	10.3

総平均 \overline{M} 3.9₄ \overline{V} 9.4₄

表2-1 調査地点別の年間平均ばいじん量(\bar{M})並びに直線 $M/V = k \cdot 1/V + \Delta$ の勾配(k)と切片(Δ)

(昭和60年度 春日井市)

調査地点	\bar{M}	k	Δ
1	2.4	2.1	0.03
2	1.7	1.3	0.05
3	2.0	1.5	0.07
4	1.6	1.2	0.06
5	2.0	1.6	0.05
6	2.5	1.6	0.11
7	2.3	1.6	0.09
8	3.6	2.4	0.17
9	2.3	1.6	0.08
10	3.5	3.1	0.04
11	2.5	1.9	0.08
12	2.6	2.0	0.08
平均	2.42(\bar{M})	1.8 ₃	0.07 ₆

表2-2 調査地点別の年間平均ばいじん量(\bar{M})並びに直線 $M/V = k \cdot 1/V + \Delta$ の勾配(k)と切片(Δ)

(昭和61年度 春日井市)

調査地点	\bar{M}	k	Δ
1	2.7	2.1	0.09
2	1.8	1.1	0.13
3	1.8	1.2	0.10
4	1.6	0.7	0.16
5	2.1	1.3	0.13
6	2.2	1.4	0.13
7	2.2	1.4	0.13
8	2.7	1.7	0.17
9	2.2	1.2	0.19
10	3.5	2.7	0.13
11	2.4	1.6	0.13
12	2.2	1.8	0.08
平均	2.28(\bar{M})	1.5 ²	0.13 ₁

表2-3 調査地点別の年間平均ばいじん量(\bar{M})並びに直線 $M/V = k \cdot 1/V + \Delta$ の勾配(k)と切片(Δ)

(昭和61年度 鈿路市)

調査地点	M	k	Δ
1	4.9	4.9	0.00 ₃
2	9.2	11.9	-0.51
3	16.9	24.2	-1.35
4	4.5	4.0	0.12
5	5.4	5.8	-0.07
6	5.7	6.1	-0.09
7	5.6	5.8	-0.03
8	12.0	12.6	-0.11
9	3.3	2.8	0.09
平均	7.5 ₀ (\bar{M})	8.6 ₈	-0.21 ₆

表2-4 調査地点別の年間平均ばいじん量(\bar{M})並びに直線 $M/V = k \cdot 1/V + \Delta$ の勾配(k)と切片(Δ)

(昭和61年度 渥美町)

調査地点	\bar{M}	k	Δ
1	5.3	4.8	0.05
2	3.4	2.4	0.11
3	4.6	3.0	0.17
4	3.2	2.0	0.12
5	3.2	1.8	0.13
平均	3.9 ₄ (\bar{M})	2.8 ₀	0.11 ₆

表3-1 $M + m + \alpha V - \beta V^2$ の中のm, α 及び β (計算値) (昭和60年度 春日井市)

調査地点	m	α	β	$2\beta/\alpha \times 10^2$
1	1.9	0.11	0.003	5.5
2	0.7	0.26	0.009	6.9
3	0.9	0.24	0.008	6.7
4	0.7	0.23	0.008	7.0
5	1.1	0.22	0.007	6.4
6	1.0	0.30	0.008	5.3
7	1.0	0.26	0.008	6.2
8	2.0	0.30	0.006	4.0
9	0.6	0.40	0.015	7.5
10	2.1	0.33	0.012	7.3
11	1.1	0.34	0.012	7.1
12	1.4	0.26	0.009	6.9
平均	1.2 ₁	-	-	6.4 ₀

表3-2 $M=m+\alpha V-\beta V^2$ 中の m , α 及び β
(計算値) (昭和61年度 春日井市)

調査地点	m	α	β	$2\beta/\alpha \times 10^2$
1	3.3	-0.51	-0.042	-
2	1.2	0.03	-0.008	-
3	1.2	0.12	0.002	3.3
4	1.0	-0.01	-0.014	-
5	1.4	0.09	-0.003	-
6	1.6	0.04	-0.006	-
7	1.2	0.23	0.008	7.0
8	1.6	0.20	0.002	2.0
9	1.0	0.32	0.011	6.9
10	2.2	0.37	0.016	8.6
11	0.9	0.47	0.024	10.2
12	1.4	0.28	0.015	10.7
平均	1.5 ₀	-	-	6.9 ₆

表3-3 $M=m+\alpha V-\beta V^2$ 中の m , α 及び β
(計算値) (昭和61年度 釧路市)

調査地点	m	α	β	$2\beta/\alpha \times 10^2$
1	1.6	1.98	0.189	19.1
2	4.7	3.31	0.345	20.8
3	10.0	5.74	0.633	22.1
4	3.0	0.65	0.050	15.4
5	5.3	0.20	0.025	25.0
6	6.0	-0.02	0.006	-
7	4.8	0.38	0.028	14.7
8	8.3	1.60	0.100	12.5
9	1.6	0.71	0.049	13.8
平均	5.0 ₃	-	-	17.9 ₃

考察(III) 衝突効率*⁵(ϵ)の算定

衝突効率(ϵ)は次式¹⁾⁻³⁾によって表わされる。

$$\epsilon = (2\beta/\alpha) \times ra \times 10^{-3} / (\pi R^2 v N) \quad (3)$$

R: 雨滴の半径 (cm)

v: 雨滴の落下速度 (cm/sec)

N: 雨滴の濃度 (個/cm³)

r: 降雨の強度定数 (mm/h)

a: 降下ばいじん計の漏斗の面積 (cm²)

で、實際上、706cm²

* 5 捕収効率とも、又、収容効率とも

* 6 粒子直径4~10 μ m程度

* 7 表5参照

表3-4 $M=m+\alpha V-\beta V^2$ 中の m , α 及び β
(計算値) (昭和61年度 渥美町)

調査地点	m	α	β	$2\beta/\alpha \times 10^2$
1	3.6	0.42	0.018	8.6
2	3.1	-0.09	-0.009	-
3	3.8	-0.05	-0.010	-
4	1.4	0.29	0.008	5.5
5	0.5	0.53	0.018	6.8
平均	2.4 ₈	-	-	6.9 ₇

なお、 $2\beta/\alpha$ は表3(1~4)から次の通り

春日井市 60年度 $6.4_0 \times 10^{-2}$ ($10^{-3} \cdot \text{cm}^{-3}$)

61年度 6.9₆ " "

釧路市 61年度 17.9₃ " "

渥美町 61年度 6.9₇ " "

である。計算結果を表4に示した(雨滴直径1mm)。

考察(IV) 降雨によって洗い落とされるべき、
空気中の浮遊ばいじん量(K)の算定

降雨によって洗い落とされる降下ばいじん量*⁶は式(2)中の $M-m$ に等しく表2(1~4)および表3(1~4)から知られるが、一方、下の関係

$$M-m = K(1-e^{-PV}),$$

$$P = 2\beta/\alpha \quad (4)$$

が成り立っている。式中の $P=2\beta/\alpha$ および V は表3(1~4)および表1(1~4)によると下の如く

春日井市 60年度 $6.4_0 \times 10^{-2}$, 7.9₆

61年度 6.9₆ " , 5.9₀

釧路市 61年度 17.9₃ " , 5.0₇

渥美町 61年度 6.9₇ " , 9.4₄

と与えられるのでこれらを、式(4)に代入するとKの年間平均値として、3.0, 2.3(3.2*⁷), 4.1および3.0(t/km²・月)が得られる。

過去5ヶ年間の調査結果の一覧

前3報と本報の結果を表5に掲げた。春日井市60, 61年度の分の他に釧路市(61年度)および渥美町(61

表4 衝突効率の計算値*^a

降雨強度 (mm/h)	強度定数 (cm/sec)	雨滴濃度 (個/m ³)	衝突効率			
			春日井市		釧路市 61年度	渥美町 61年度
			60年度	61年度		
1	1/3.6×10 ⁻⁴	35	1.1 ₇ ×10 ⁻²	1.2 ₇ ×10 ⁻²	3.2 ₈ ×10 ⁻²	1.2 ₅ ×10 ⁻²
0.5	5/3.6×10 ⁻⁵	20	1.0 ₂ ×10 ⁻²	1.1 ₁ ×10 ⁻²	2.8 ₇ ×10 ⁻²	1.1 ₀ ×10 ⁻²
0.2	2/3.6×10 ⁻⁵	10	0.8 ₂ ×10 ⁻²	0.8 ₉ ×10 ⁻²	2.3 ₀ ×10 ⁻²	0.8 ₈ ×10 ⁻²
		30* ^b	2.0 ₅ ×10 ^{-2*^b}	2.2 ₃ ×10 ^{-2*^b}	5.7 ₄ ×10 ^{-2*^b}	2.2 ₀ ×10 ^{-2*^b}
0.1	1/3.6×10 ⁻⁵	5	0.8 ₂ ×10 ⁻²	0.8 ₉ ×10 ⁻²	2.3 ₀ ×10 ⁻²	0.8 ₈ ×10 ⁻²

*^a雨滴直径 1 mm (落下速度 390cm/sec) *^b雨滴直径 0.5mm (落下速度 208cm/sec)

表5 昭和57～61年度5年間の結果一覧

年度	地域 (測定地点数)	\bar{M}	\bar{V}	$2(\bar{\beta} / \bar{\alpha}) = \bar{P}$	衝突効率($\bar{\epsilon}$)	\bar{K}
57	春日井市 (16)	3.0(16)	7.6(16)	5.8 ₅ ×10 ⁻² (13)	0.7 ₅ ×10 ⁻² (13)	3.0 (16)
58	春日井市 (16)	3.0(16)	8.7(16)	5.1 ₉ " (12)	0.6 ₇ " (12)	2.7 (16)
	三河湾沿岸 ²⁾ (9)	2.7(9)	7.1(9)	8.6 ₉ " (9)	1.1 ₁ " (9)	2.5 (9)
59	春日井市 (11)	2.6(11)	6.4(11)	8.8 ₃ " (11)	1.1 ₃ " (11)	3.3 (11)
	広島県大竹市 ³⁾ (12)	2.6(12)	8.6(12)	5.9 ₃ " (12)	0.7 ₆ " (12)	3.7 (12)
	山口県岩国市 ⁶⁾ (20)	2.8(20)	9.4(20)	5.7 ₅ " (17)	0.7 ₄ " (17)	5.3 (20)
60	春日井市 (12)	2.4(12)	8.0(12)	6.4 ₀ " (12)	0.8 ₂ " (12)	3.0 (12)
61	春日井市 (12)	2.3(12)	5.9(12)	6.9 ₆ " (7)	0.8 ₉ " (7)	2.3 (12)
		(7)	2.4(7)	5.8(7)	6.9 ₆ " (7)	0.8 ₉ " (7)
	釧路市 ⁴⁾ (9)	7.5(9)	5.1(9)	17.9 ₃ " (8)	2.3 ₀ " (8)	4.1 (9)
	渥美町 ⁵⁾ (5)	3.9(5)	9.4(5)	6.9 ₇ " (3)	0.9 ₀ " (3)	3.0 (5)

*降雨強度 0.1 (~1) mm/h、雨滴直径 1 mm の場合の計算値で、前3報中 ϵ と標記。因みに \bar{K} その他の表中の記号については、本文参照のこと。

表6 定数K'とlog(K'-M)~V間直線回帰相関係数rの間の関係 (春日井市, 昭和61年度, 表1-2)

地点 No.9		地点 No.10	
K'	-r	K'	-r
3.4	0.866 ₅	5.0	0.534 ₁
3.5	0.867 ₉	5.1	0.603 ₃
4.1	0.862 ₄	5.4	0.577 ₃
4.7	0.857 ₈	6.0	0.567 ₄

年度)の分などが含まれている*⁸。

表5によると、釧路市が、多少、特異的であるが、一般に \bar{M} (地域年間平均降下ばいじん総量)は2.5~7.5t/km²・月、 \bar{V} (地域年間平均降水量)が5~9.5l/月である。これらから降水量0.1 (~1) mm/h、雨滴直径 1 mm の場合に対して衝突効率(年間平均値、 $\bar{\epsilon}$)を計算すると、これが、表の通り各地域を通じて10⁻²程度の大きさのものであることが知られるが、これに関し、筆者は第2報に於て文献を引用し、その妥当性を論述したことがある²⁾。

*⁸ 昭和59年度岩国市の分については、その調査報告中のMとVの測定成績から他地域と同様に、今回、計算したが、紙面の関係のため結果のみを挙げるに止めた。

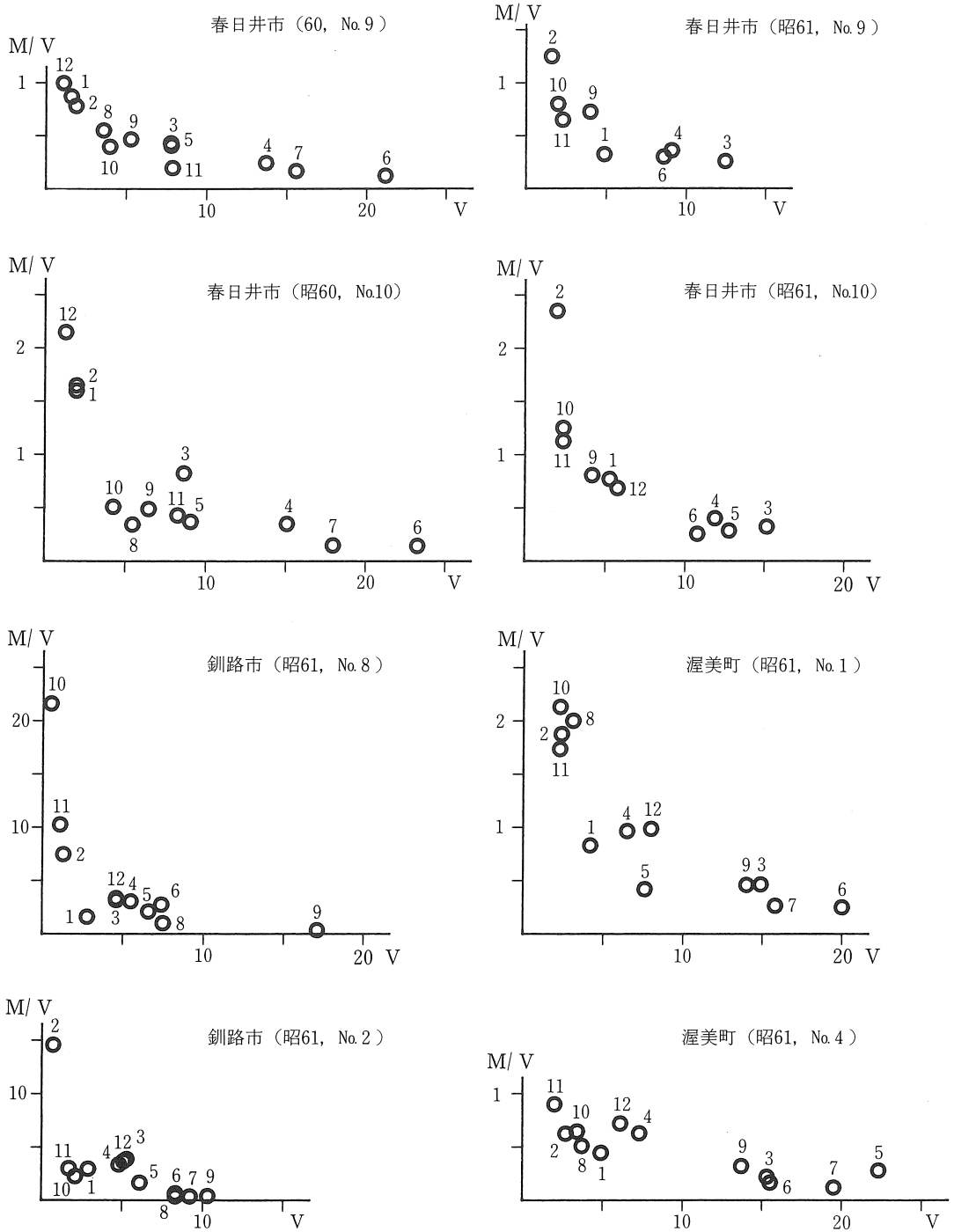


図1 ばいじん濃度 (M/V, t/km²・l) と降水量 (V, l/月) の間の関係 (点に付けた数字は月を示す)

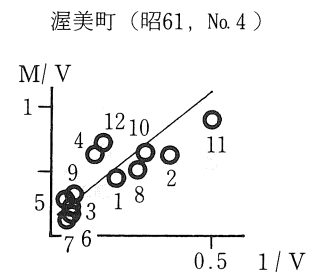
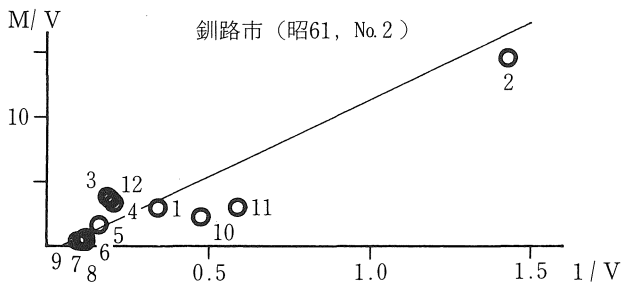
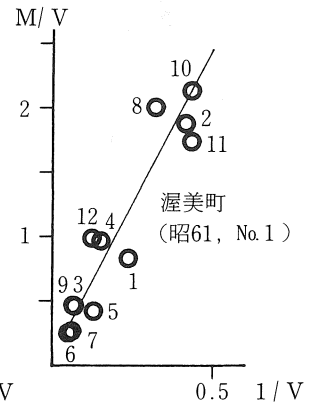
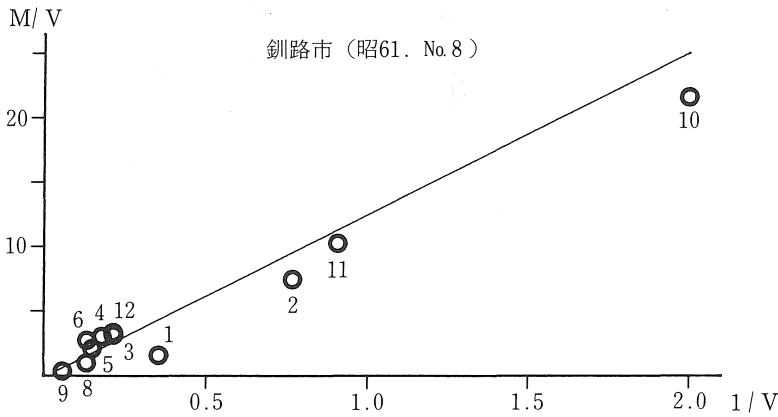
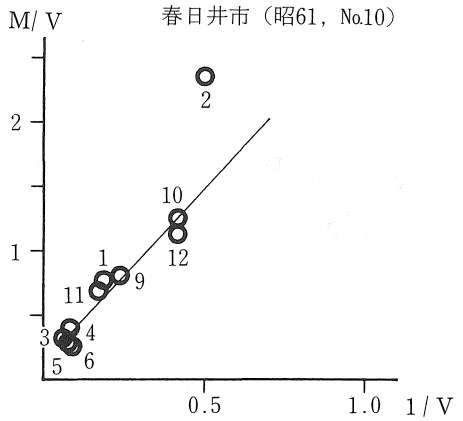
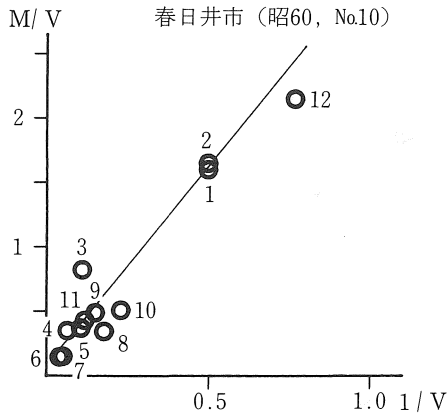
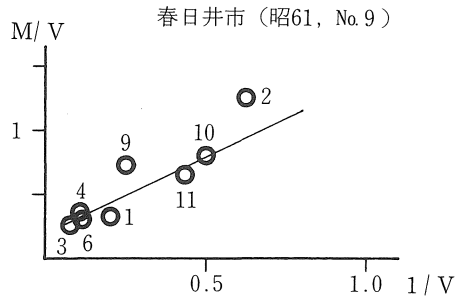
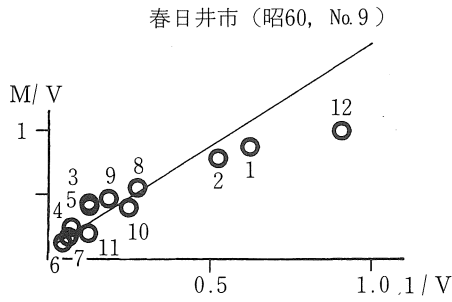


図2 回帰式 $M/V = K \cdot \frac{1}{V} + \Delta$ の図示 (表2(1~4)を参照のこと。

なお、点に付けた数字は月を示す)

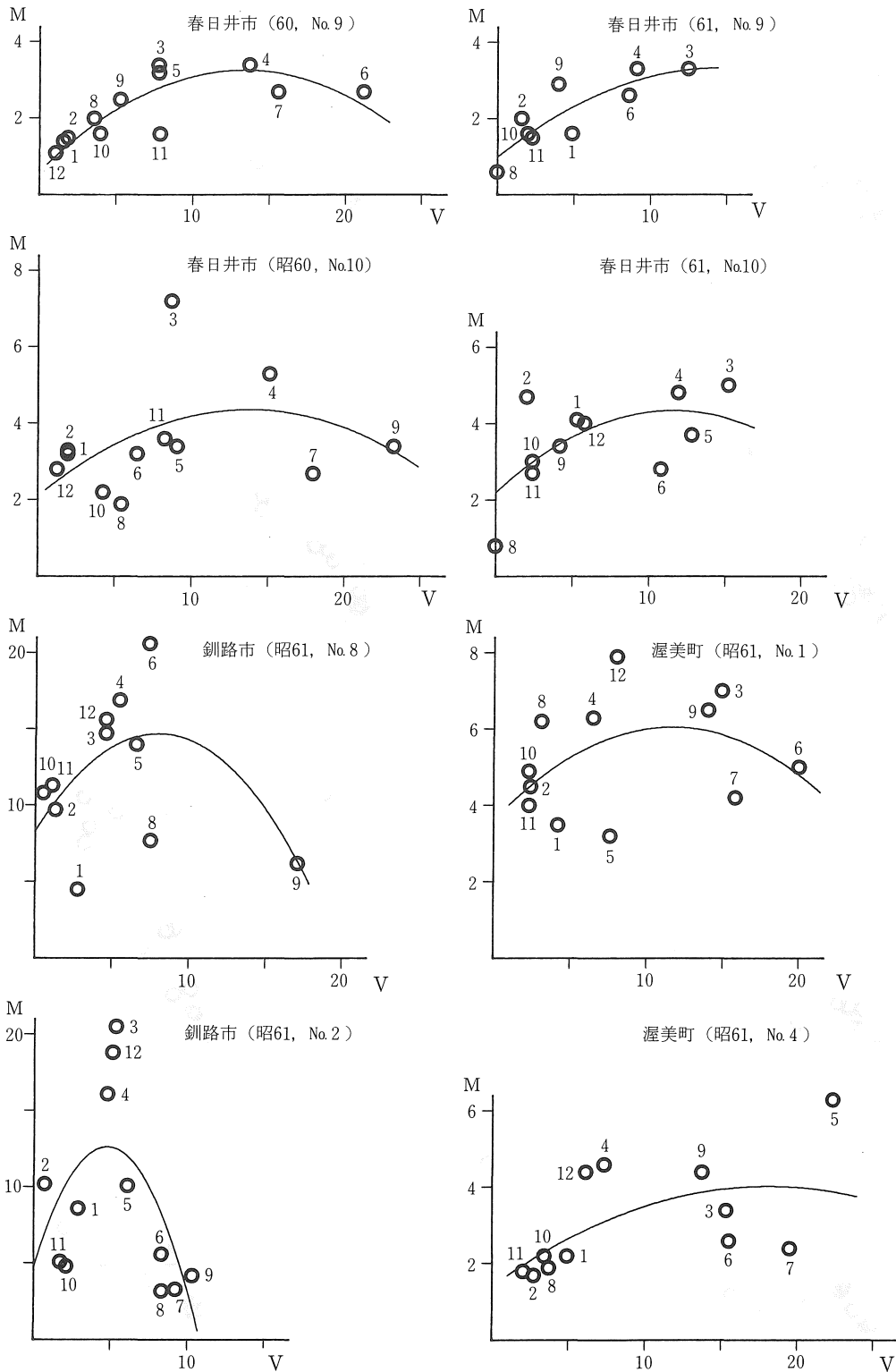


図3 ばいじん量(M, t/km²・月)と降水量(V, l/月)の関係(曲線は表3(1~4)の式 $M = m + \alpha V - \beta V^2$ を表わし, 点に付けた数字は月を示す)

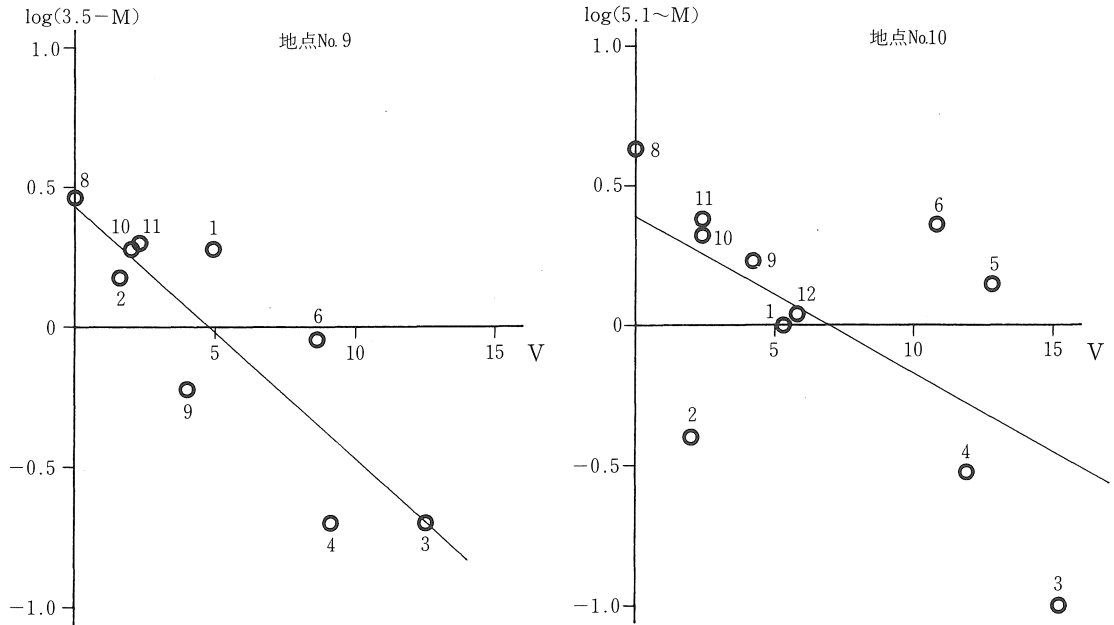


図4 散布図と回帰直線(春日井市昭和61年度, 表1-2, 地点No.9および10; 点に付けた数字は月を示す)

なお、 \bar{K} (地域年間平均浮遊ばいじん総量) は 2.5~5 t/km²・月と算出されているが、岩国市、釧路市などが多い目のようである。

表中、 \bar{M} 、 \bar{V} などの欄の()付きの数字はこれらの量を算出するために利用した地点の数で、例えば57年度春日井市の場合、 \bar{M} および \bar{V} の欄の(16)は16地点全部に関する総平均であることを示し、 \bar{P} および $\bar{\epsilon}$ の(13)はPが負値*9の3地点を除いた、残り13地点の総平均(第1報, p.105, 表3)によって算出したことを示している。因みに、 \bar{K} については \bar{M} (16地点)および \bar{V} (16地点)、さらに \bar{P} (13地点)などから算出したことを明らかにするために(16)と記してある。

表5の調査地域は春日井市他数地域に限られ、その数は十指に満たないが、これは降下ばいじん量と、併せて降水量を測定、発表する調査機関が少なく、資料が得られないためである。筆者は今後もこの方面の資料の入手とその解析に力めるつもりである。

附記

降下ばいじん量(M)と降水量(V)の関係

は、後者が増大するにつれて前者は限度に近づくであろうなどと考えられるのでグラフ化するならば上方へ凸の頭打ち型の曲線になる筈である。筆者はこれに対し、近似的に実験式(1)

$$M = m + \alpha V - \beta V^2 \quad (1)$$

$m > 0, \alpha > 0, \beta > 0$

を想定し、これを下式

$$M = m + K\{PV - (PV)^2/2\} \quad (2)$$

と比べて $2\beta/\alpha = P$ を導いたが、式(2)も次の理論式

$$M = m + K(1 - e^{-PV}) \quad (3)$$

の右辺第2項を展開し、その第3項以上を棄てて得たもので、近似式に過ぎない¹⁾。以下はこれらの近似性を取り除く目的で考察、試算した一方法の概要を述べたものである。

式(3)を $K + m = K'$ (定数) と置いて書き改めると次の如く

$$K' - M = K \cdot e^{-PV}$$

となるので、両辺の対数を取ると下式

$$\log(K' - M) = -(P/2.303) \cdot V + \log K \quad (4)$$

が導かれる。式(4)は $\log(K' - M)$ と V の間に直線関係が成立することを示しているの、これにより P

* 9 M~V曲線が下方へ凸の上向き型の場合

およびKを知ることができるが、このためには直線関係を成立させる可能性の最も高いK'を探り出さなければならない。表6にその一例を挙げたが、この場合には、春日井市昭和61年度の地点No.9および10(表1-2)に対し、最適値は、それぞれ、 $K' = 3.5$ および 5.1 と判定され、回帰直線として次式が見出される。

$$\begin{aligned} \text{No.9: } \log(3.5-M) \\ = -9.03_8 \times 10^{-2}V + 4.33_1 \times 10^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{No.10: } \log(5.1-M) \\ = -5.60_5 \times 10^{-2}V + 3.90_5 \times 10^{-1} \end{aligned}$$

従って

$$\text{No.9: } P = 20.8 \times 10^{-2}, K = 2.7$$

$$\text{No.10: } P = 12.9 \times 10^{-2}, K = 2.5$$

なお、図4に散布図および回帰直線を示した。

この結果を表3-2中の \bar{P} および表1-2(\bar{M} , \bar{V})と表3-2(\bar{m})から算出されるK

$$\text{No.9: } P = 6.9 \times 10^{-2}, K = 4.1$$

$$\text{No.10: } P = 8.6 \times 10^{-2}, K = 3.0$$

と比べると、 P^{*10} については、桁は変わらないが数値は2~3倍大きく、 K^{*10} は殆ど同じであることが見られ、又、表5中の春日井市(昭和61年度)の地域平均値と比べてもPは2~3倍大きく、Kには殆ど変わりがないことが知られる。

以上を要するに、式(1)および(2)による近似的の方法と式(4)による直截的方法との間には、(1)衝突効率(ϵ)に2~3倍の違いが出るけれども桁には変わりがなく、(2)浮遊ばいじん量(K)には事実上差が現われないとの結果が得られた。これは一例に過ぎないが、大体の傾向を窺うことはできるであろう。これら両方法の評価については今後の研究に俟つことにしたい。

まとめ

愛知県春日井市(昭和60および61年度)、愛知県渥美郡渥美町(昭和61年度)、釧路市(昭和61年度)などの、降下ばいじん計による降下ばいじん総量並びに降水量の測定成績に対して前3報の方法を適用し、雨滴によるばいじん粒子(直径4~10 μ m)の捕収効率(衝突効率)や空气中浮遊のばいじん量を計算して、これらの結果が前3報のそれらと殆ど同じであることを示した。

さらに、今回の分を含めて過去5ヶ年(昭和57~61年度)の間の結果の一覧(表5)を作成し、捕収率は各地域を通じて、大体のところ、 10^{-2} 程度、空气中浮遊のばいじん量は3~5(t/km²・月)であることを認めた。

なお、附記として、前3報の計算方法に比し、より直截的方法を案出し、これによって一、二の場合を計算し、捕収率については桁は変わらないが大きさが2~3倍に増える、浮遊ばいじん量には殆ど違いが出ない、などの結果を見出した。

引用文献

- 1) 佐野 悞, 太田 洋, 市川俊子, 坪井 勇: 降下ばいじん量と降水量の間の関係について, 愛工大研報, No.20, 101-107, 1985
- 2) 太田 洋, 佐野 悞, 市川俊子, 坪井 勇, 桃井和好: 降下ばいじん量と降水量の間の関係について(II), 愛工大研報, No.21, 83-89, 1986
- 3) 太田 洋, 佐野 悞, 市川俊子, 坪井 勇: 降下ばいじん量と降水量の間の関係について(III), 愛工大研報, No.22, 65-71, 1987
- 4) 釧路市: 公害の現状と対策, 昭和62年度版, 1987
- 5) 愛知県渥美町: 環境の概況, 昭和62年度版, 1987
- 6) 岩国市: 環境, 第17報, 1985

(受理 平成元年1月25日)

*10 詳しくは、 \bar{P} および \bar{K}