

(3) 酸性降雨の実態調査

大気課

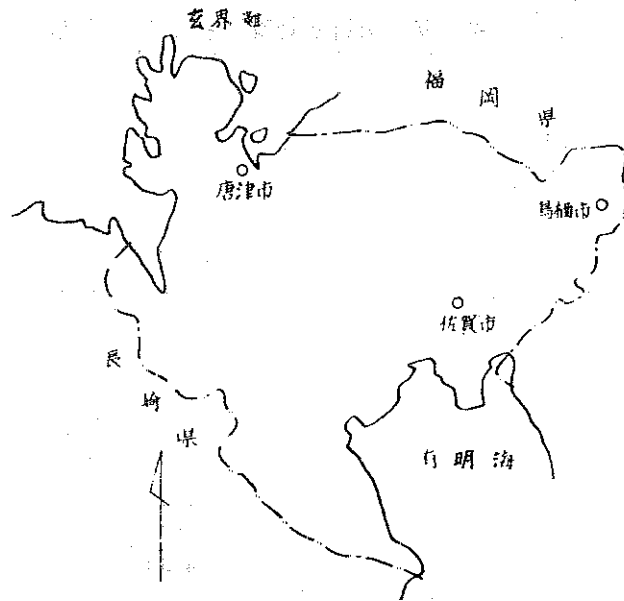
末次綱雄・山崎 忠・武田裕二・松瀬紀子

まえがき

昭和49年夏期、全国的に湿性大気汚染「いわゆる酸性雨」が問題となった。本県の北西部玄海灘に面する唐津地区においても、8月28日と9月23日の2回酸性雨によると思われるアサガオの花弁の脱色現象が観察され、当センターでは雨水のPH測定を開始した。続いて雨水の電気電導度、硫酸イオン等測定項目を追加した。

昭和50年4月以降は、酸性降雨の実態把握のため、唐津市公害センター、鳥栖市役所環境課の協力を得て、地域別の調査を開始した。調査をはじめて1年余り、まだデータ収集と調査方法についての検討段階であるが若干の知見を報告する。

(1) 調査地点



1. 調査方法

(2) 雨水

地点	県公害センター	唐津市公害センター
試料採取方法	大型シャーレ(約25cm)に3.00ml以上捕集された時採水	雨水採水器を用い、0.5mm降水毎に5段階に分け、採水
測定項目	PH, 電気電導度, 塩素イオン, 硝酸イオン, 硫酸イオン	PH, 電気電導度, 塩素イオン, 硝酸イオン, 硫酸イオン

(3) 大気中水性成分

地点	県公害センター, 県衛生研究所, 鳥栖市役所, 唐津市公害センター
試料採取方法	ハイボリューム, エア, サンプラーで空気吸引量約1,500ℓ/分で1~3日間, ガラス, フィルターにサンプリング
測定項目	塩素イオン, 硝酸イオン, 硫酸イオン

(注) 唐津市については、雨水・大気中水性成分の試料採取、分析を市公害センターで実施。

2. 分析法 (測定法)

PH—PHメーター
(東亜製デジタルPH
メーター)
電気電導度—電導度
計 (東亜製CM2A)
塩素イオン—チオン
アン酸第二水銀法
硝酸イオン—2—4
キシレノール法
硫酸イオン—塩化バ
リウム比濁法

表-1 雨水のPH等 (S50.4.16~9.27)

月/日	採水時	PHメーター	導電率	Cl ⁻ ppm	SO ₄ ²⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm
4/16	10:00	489	1925	0.63	382	0.83
	13:00	549	1015	0.48	320	0.27
4/20		482	1575	0.44	275	0.54
4/30		640	1400			
5/9		497	2955	1.00	763	1.20
5/14		474	3865	1.69	1107	1.95
5/16		416	4900	2.05	575	1.77
5/17		373	12900	2.85	3390	6.20
5/19		398	7100	1.46	1319	2.86
6/4		500	4100	1.44	438	1.73
6/5		580	7920	0.31	186	0.21
6/7		640	8665	0.20	186	0.37
6/17		6.60	1300	0.45	142	0.19
6/18		6.50	828	0.55	1.03	N. D
6/20		5.95	9280	0.06	193	0.48
6/21		5.60	1130	0.15	228	0.28
6/24		6.55	1280	0.31	193	0.33
6/24	15:00	6.63	616	0.13	0.53	0.14
6/25	9:30	6.00	853	0.48	158	0.20
6/25	16:00	6.47	8100	0.37	1.28	0.43
6/28	9:00	6.14	8025	0.13	0.58	0.39
7/2	9:00	3.49	21850	2.19	3725	1260
7/5	9:00	4.90	3580	0.50	533	1.38
7/7	9:00	5.20	2490	0.95	703	0.67
7/10	9:00	5.90	3220	2.32	575	0.72
7/11	9:00	6.00	5415	6.86	707	0.27
7/12	9:00	6.50	2315	1.60	1.75	0.21
7/14	9:00	6.40	1445	0.95	210	0.21
7/17	9:00	6.10	1700	1.20	613	0.26
8/7	11:00	5.00	2340	0.99	369	0.65
8/8	9:00	6.50	5800	0.22	1.71	N. D
8/8	16:30	6.60	1180	0.21	2.28	0.37
8/27		5.00	4300	2.29	619	1.91
9/4		6.50	2600	0.76	4.44	0.42
9/8		6.40	10700	4.24	3035	3.42
9/16		5.60	3770	1.18	9.43	1.70
9/17		6.60	1025	0.58	0.97	0.15
9/18		6.40	1300	0.34	1.70	0.40
9/27		4.90	2635	0.87	4.95	0.63
平均		5.54	3190	1.14	6.32	1.22

3. 測定結果

(1) 雨水のPH等

表-1は県公害セン
ター、表-2は唐津市
公害センターの測定で
ある。

① 雨水のPH

佐賀市の昭和49年
10月1日から50年
9月27日迄のほぼ1
年間の雨水の検体数は
72検体であった。PH
の平均値は5.60で、
塩素イオン等を測り始
めた4月16日以降は
39検体で5.54であ
る。PHの最低値は、
昭和50年7月2日の
3.49、最高値は、昭
和50年4月11日の
7.00であった。なお
酸性降雨の一応の目安
レベルと言われている
PH=4.00以下は3
回記録した。

唐津市の場合、昭和

49年5月24日から11月26日迄36検体、PHの平均値4.93降り始めの平均値4.90で若干降り始めが低い。最低値は5月24日の3.8、最高値は8月17日の6.64であった。PH=4.00以下は、4回記録した。

佐賀市が雨水のPHの最高、最低の幅が大きく、平均値でも高い傾向を示した。

② 雨水のPHと電気電導度、硫酸イオンとの相関 図-1、図-2

PH4以下で電気電導度は硫酸の標準PH値と相関が認められ、PHが高くなるに従って、電導度のバラツキが大きくなっている。これはアルカリイオンの増加によると推定されるので、アンモニウムイオン等の測定を今後検討したい。雨水のPHと硫酸イオンの相関についても、PHと電導度と全く同様の傾向を示した。唐津市のデータについても同じであった。

表-2 雨水PH等 (S. 50 5.24 ~ 11 26)

月/日	開始時刻	PH	電導度 ($\mu\text{V}/\text{cm}$)	SO_4^{2-} (ppm)	NO_3^- (ppm)	Cl^- (ppm)
5/24	19:00	3.8				
6/4	15:40	4.32	41.3	3.0	0.15	0.8
		4.37	23.4	1.1	0.05	0.3
		4.95	6.7			
6/5	18時頃	3.85	1000			
6/6	9:00	4.61	39.8	2.1	0.1	0.7
		4.90	8.6			
6/17	18:30	6.32	21.6			
		5.66	4.5	1.3	0.35	0.4
		5.85	2.5			
6/27	16:40	5.80	21.6	1.4	0.25	0.1
		5.41	7.1			
7/5	7:30	5.09	24.5			
		7.21	4.4	8.6	1.15	0.8
		4.26	43.1			
7/26	11:15	5.33	16.6	1.3	0.4	0.45
		5.12	7.9			
7/31	15:30	4.66	25.0	1.8	0.7	0.04
		4.72	14.8			
8/6	午後	4.23	82.2	2.9	0.72	1.4
		4.50	31.2			
8/7	朝	4.88	23.5	2.8	0.24	2.4
8/8	9:10	4.37	48.2	2.2	1.4	0.86
		4.59	22.8			
8/17	16時頃	6.64	481.0			
		6.33	288.0			
8/18	12:15	4.99	33.3			
8/20	16:40	4.75	43.2	2.7	0.9	1.16
		4.55	27.2			
8/23	9:30	5.89	52.6			
11/13	13:15	4.12	212.5	1.6	0.32	1.6
		4.70	248.5			
11/18	7:40	3.80	25.9	5.0	0.51	
		3.95	26.6			
11/19	8:40	5.62	303.0			
11/26	15:50	4.91	244.5			
平均値		4.90	108.6	2.70	0.52	0.85
		4.93	87.2			

注1) PH, 電導度, 上段ははじめの50ml, 下段は7/26以前ははじ

注2) WD, WVは市役所降始時刻

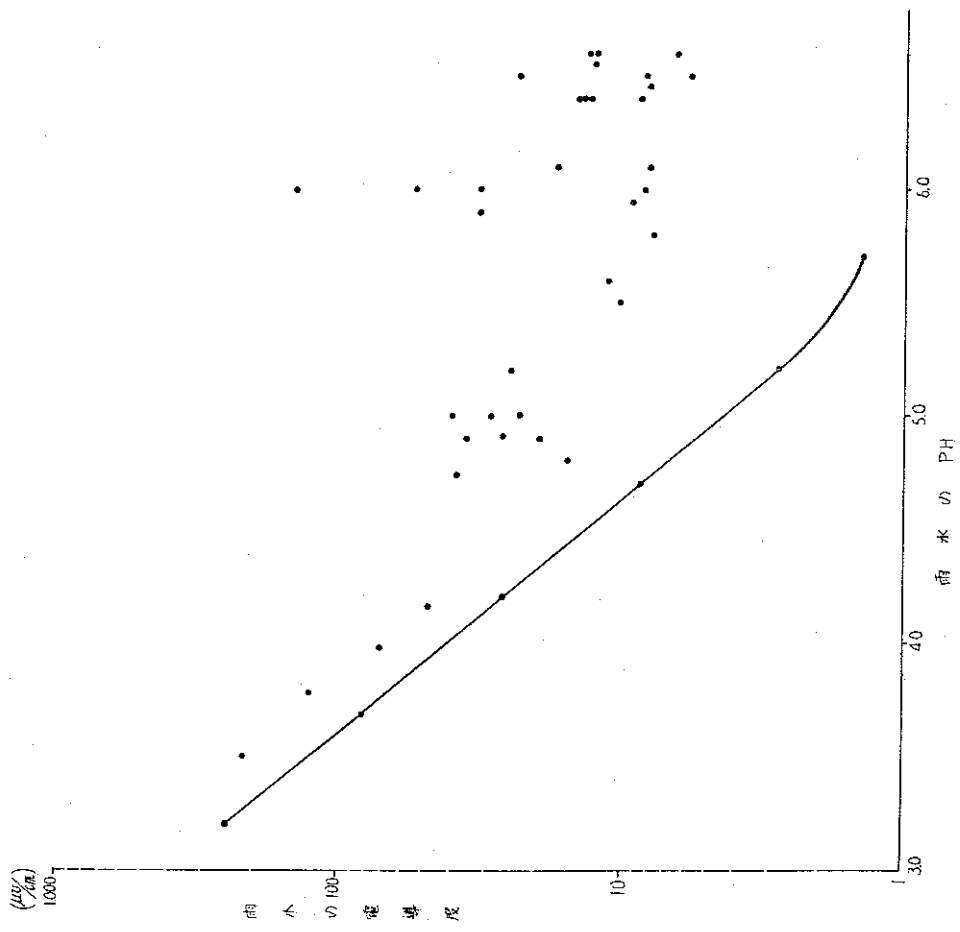
注3) 環境SO₂は11局平均, I, II, IIIはそれぞれ降雨前, 降始時,

WD	W V (m/s)	環境 SO ₂ (ppb)			雨の降り方	気圧配置
		I	II	III		
NE	2.1	2.3	1.9	1.7	にわか雨	南方海上に前線
NNW	0.9	1.9	1.9	1.4	連続	朝鮮海峡に前線を伴う(低)
NNE	2.7	1.2	1.1	1.1	小雨	九州南岸に前線
NE	1.2	1.1	1.1	1.1	小雨	九州南岸に前線
S	5.9	1.7	1.6	1.4	降ったり止んだり 時々激しく降る	朝鮮海峡に前線を伴う(低)
SSW	3.1	1.6	1.6	1.4		九州南岸に前線を伴う(低)
SSW	1.7	1.2	1.3	1.3	降ったり止んだり	
S	3.0	2.2	1.8	1.7	雷雨激し	日本海に前線を伴う(低)
S	5.7	2.9	2.5	2.5	雷雨	朝鮮北部に(低) はるか南方に(台)
ENE	1.7	2.6	2.5	2.5	にわか雨	台湾東に熱低
ENE	2.2	1.3	1.3	1.4	連続	九州上に前線
N	3.4	1.8	1.6	1.5	にわか雨	九州北東部を(台) 通過
S	5.0	1.8	1.9	2.0	にわか雨	朝鮮海峡に(台) 沖縄に熱低
NNE	2.3	2.1	—	—	にわか雨	沖縄に(台)
NNW	5.9	1.6	1.4	1.5		大阪に(台)
SW	2.0	1.5	1.4	1.3	小雨	
N	4.5	1.0	—	1.2	にわか雨	
SSW	5.1	1.4	1.4	1.4	にわか雨	
	3.2	1.7.3	1.6.4	1.5.5		

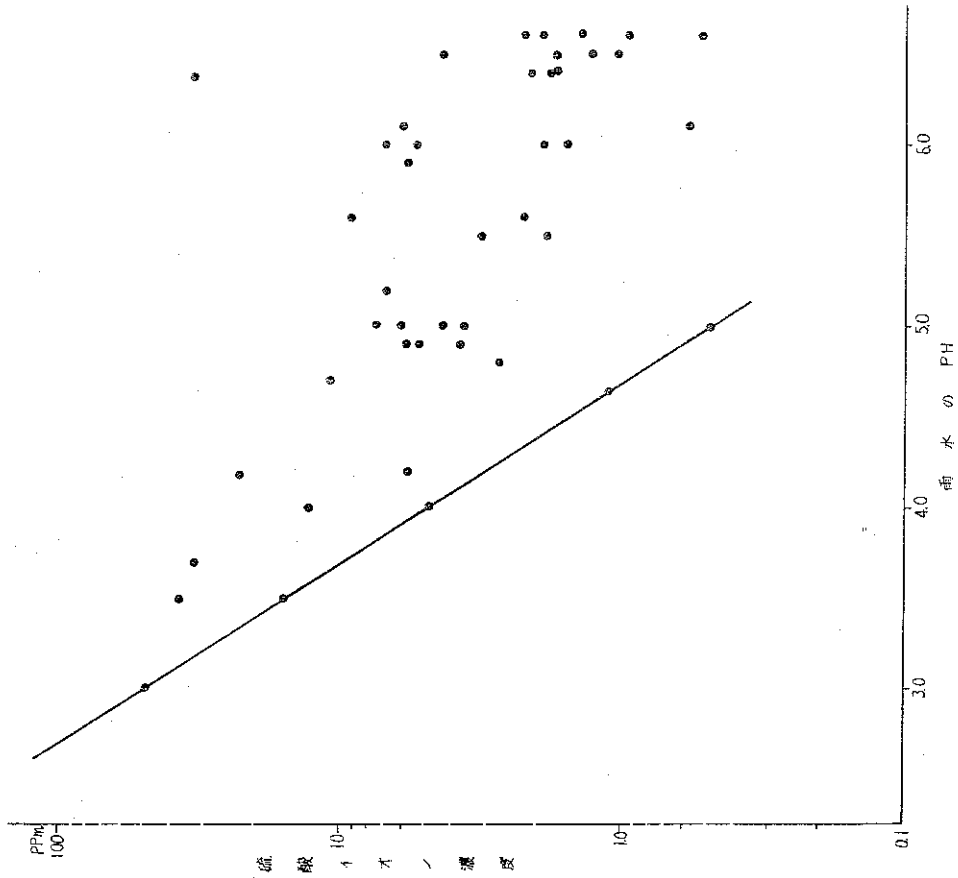
めの250mlを除いたもの、 $\frac{7}{31}$ 以降は全量についてのもの。

降雨後の連続各1時間値。

図一 1. 雨水の電導度と PH の相関 (県公害センター)



図一 2. 雨水中の硫酸イオンと PH の相関 (県公害センター)



③ 雨水中の酸性イオン

佐賀市の昭和50年4月16日から9月27日まで、38検体の雨水中の酸性イオン平均濃度は、 $\text{SO}_4^{2-} = 632 \text{ PPM}$, $\text{NO}_3^- = 1.22 \text{ PPM}$, $\text{Cl}^- = 1.14 \text{ PPM}$ である。唐津市は昭和50年5月24日から11月26日まで、14検体 $\text{SO}_4^{2-} = 270 \text{ PPM}$, $\text{NO}_3^- = 0.52 \text{ PPM}$, $\text{Cl}^- = 0.85 \text{ PPM}$ である。佐賀市がいずれのイオンについても多く2倍前後になっている。特に塩素イオンについては海に面している唐津市が少なく理解し難いことである。サンプリング、分析操作等に原因するものか今後検討していきたい。

佐賀市分についてイオンの相関を検討した。

$\text{Cl}^- - \text{NO}_3^-$ (図-3)

$$\text{回帰直線 } y = 0.58x + 0.53$$

$$\text{相関係数 } r = 0.34$$

$\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$ (図-4)

$$\text{回帰直線 } y = 0.08x + 0.63$$

$$\text{相関係数 } r = 0.54$$

$\text{NO}_3^- - \text{SO}_4^{2-}$ (図-5)

$$\text{回帰直線 } y = 0.23x + 0.24$$

$$\text{相関係数 } r = 0.89$$

塩素イオン (Cl^-) - 硫酸イオン (SO_4^{2-}), 硝酸イオン (NO_3^-) - 硫酸イオン (SO_4^{2-}) の相関が有意である。

④ 風向、風速と雨水のPHとの相関

唐津地区には100万kWの火力発電所に関連するモニタリングシステムとして11カ所に SO_2 , DUST計, 風向, 風速計を配置し, テレメータ化されている。

それらのデータによると, 降雨前11局 SO_2 平均17.3 PPb, 降始時16.4 PPb, 降雨後15.5 PPbと雨水によるウォッシュアウトの効果がはっきり現われている。

風向, 風速と雨水のPHの相関(図-6, 図-7)について, 北北東から東北東の風向の時雨水のPHが低く, 南から南南西方向の時, 高い範囲が認められる。また風速2m/秒以下で雨水のPHが低くなる傾向がある。

图-3 Cl⁻-NO₃⁻ 相関

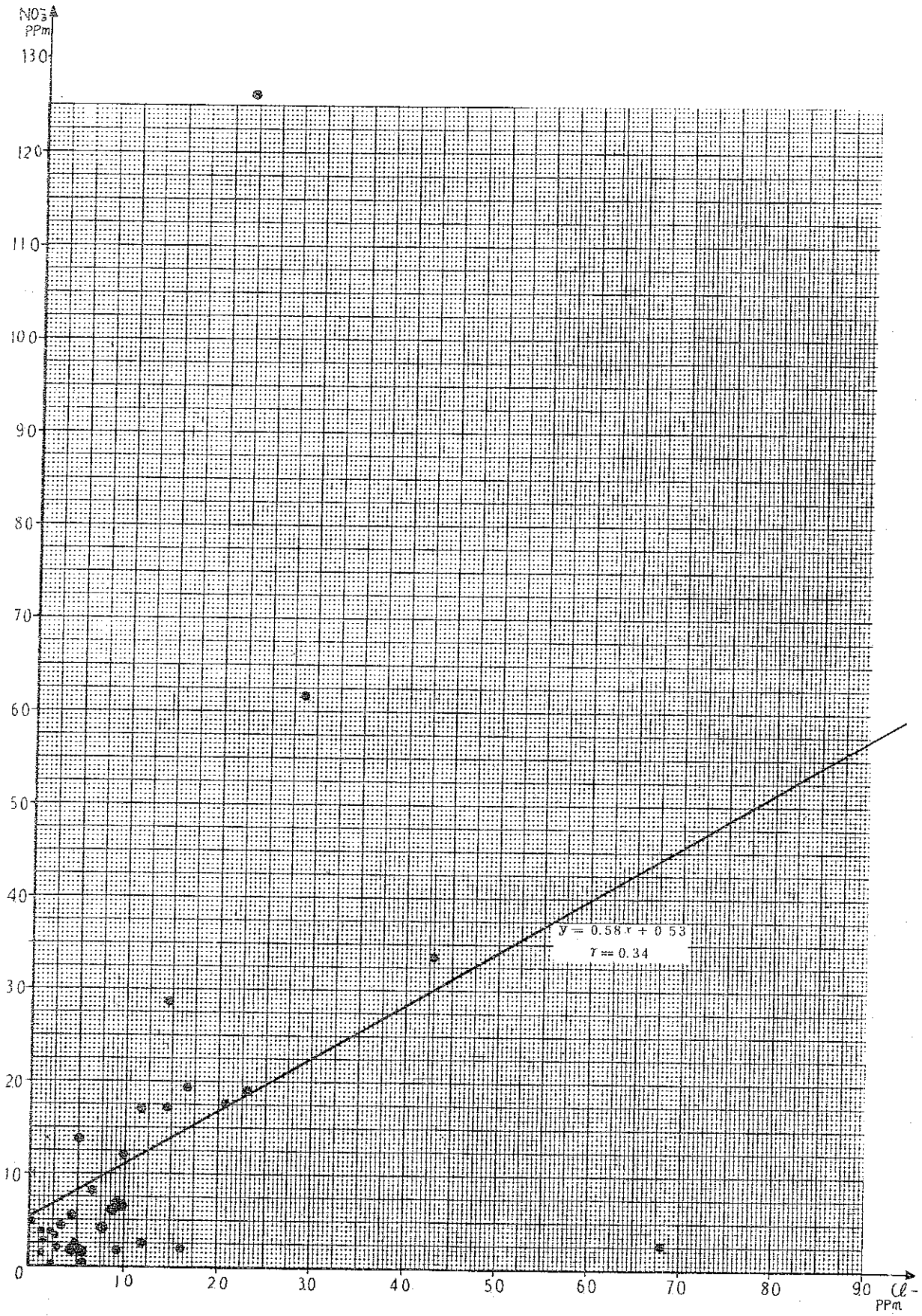
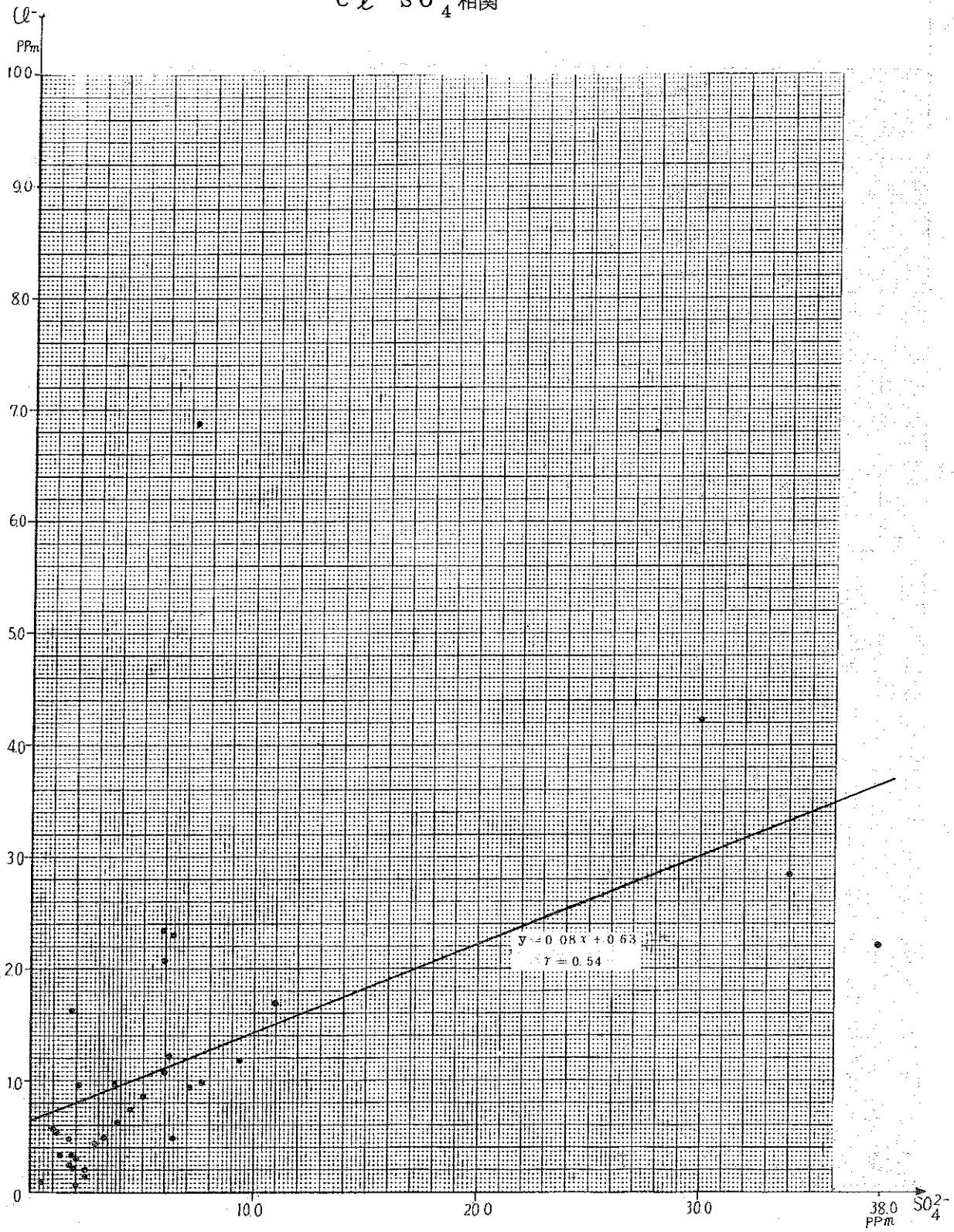


図-4

Cl⁻ SO₄²⁻ 相関



NO_3^-
PPm

図-5

$\text{NO}_3^- - \text{SO}_4^{2-}$ 相関

130

120

100

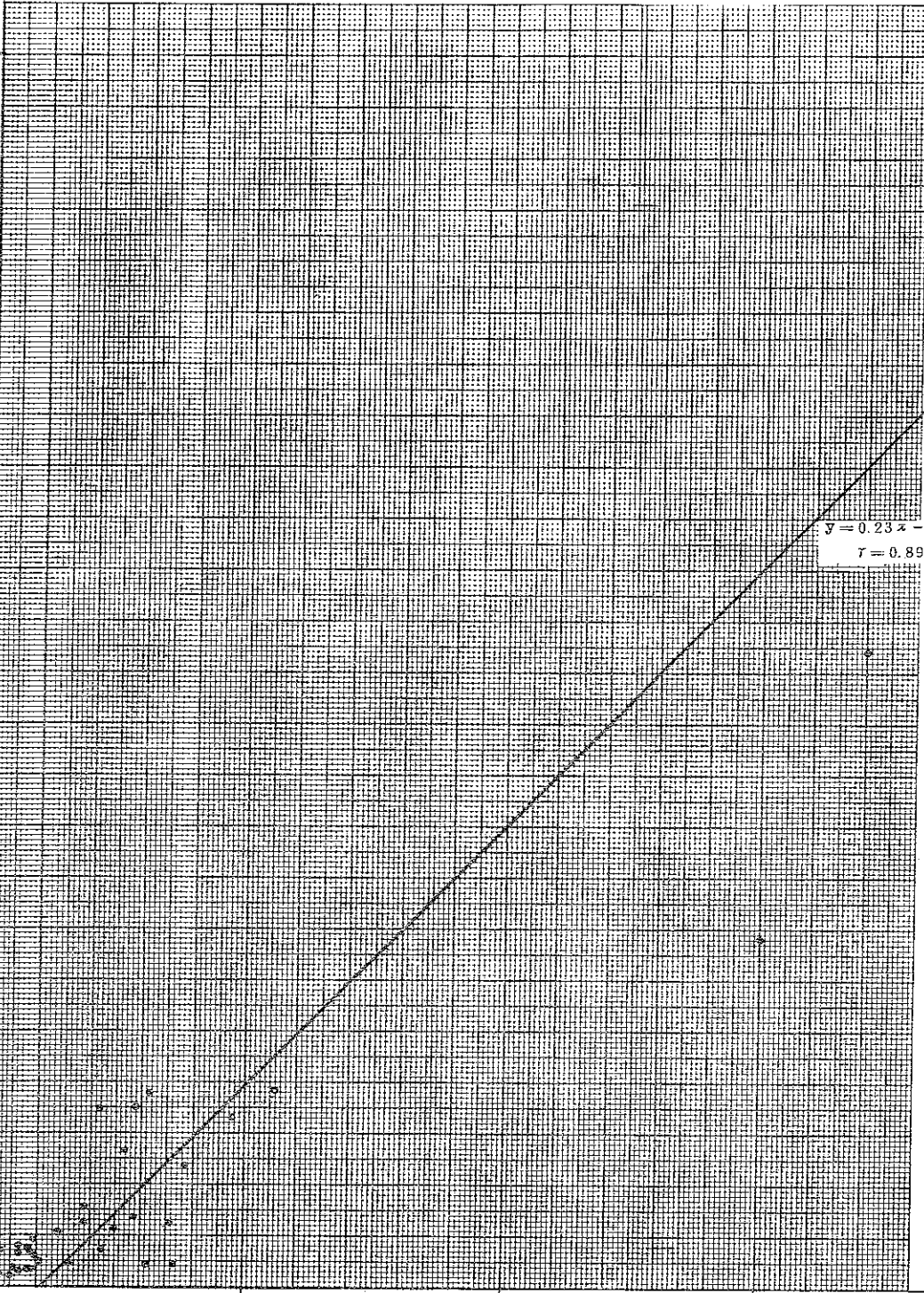
80

60

40

20

0



$y = 0.23x - 0.24$
 $r = 0.89$

100

200

300

380 PPM SO_4^{2-}

図-6 風向と雨水のPHの相関(50.5.24~11.2.6)

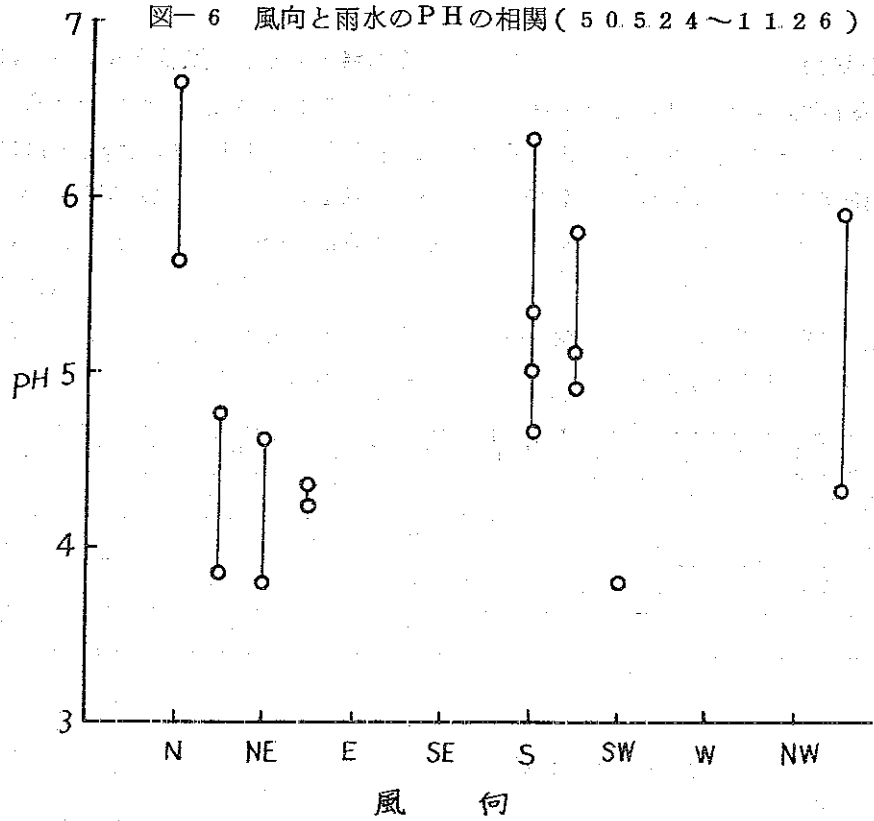
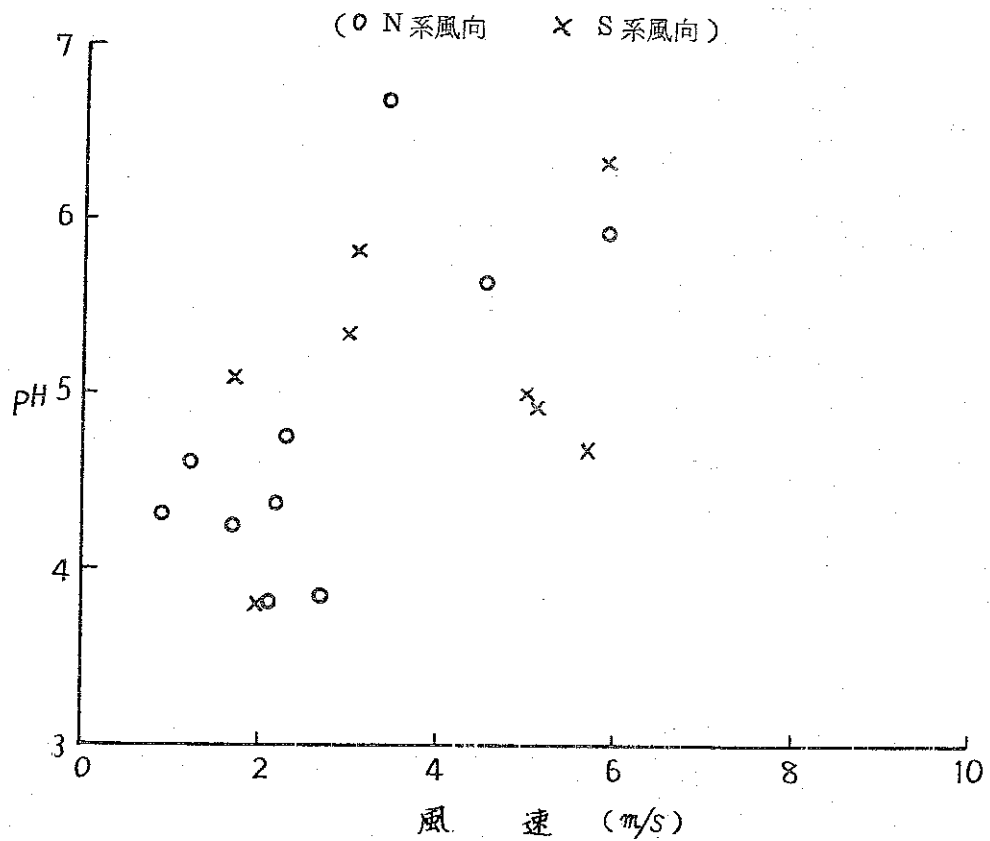


図-7 風速と雨水のPHの相関(50.5.24~11.2.6)



(2) 大気中水性成分

大気中に浮遊する粉塵、エアロゾルをハイボリュームエアサンプラーでガラスフィルターに捕集し、特に酸性降雨の要因と思われる、硫酸イオン、塩素イオン、硝酸イオンについて分析定量を行った。

サンプリング地点は県公害センター、県衛生研究所、鳥栖市役所別館、唐津市公害センターのそ

れぞれ屋上である。県公害センターは昭和49年7月に現在地に移転し、衛生研究所のデータはそれ以前のものである。衛生研究所は佐賀市の中心部に、県公害センターは北部の郊外に位置している。鳥栖市役所は市の中心部に、唐津市公害センターは中心より北西に位置し、唐津湾の海岸より約300mの地点である。それぞれ測定地点の平均値は次表のとおりである。

測定地点	項目	粉塵量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
衛生研究所		104	132	31	0.83
県公害センター		79	123	3.0	1.53
鳥栖市役所		119	148	4.3	3.68
唐津市公害センター		—	300	203	8.0

表-3 大気中水性イオン分析値

資料No	採取日	空気量 (m^3)	総粉塵量 (mg)	粉塵量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PH	硫酸イオン ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	塩素イオン ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	硝酸イオン ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	電導度 ($\mu\text{V}/\text{cm}$)	備考
衛No-1	S.49年 3月19日 ~ 20日	24983	330	132	968	151	39	042		衛研屋上
衛No-2	" 3月22日 ~ 23日	2412	350	145	987	108	63	016		"
衛No-3	" 3月25日 ~ 26日	24009	108	45	973	170	ND	051		"
衛No-4	" 3月26日 ~ 27日	24624	91	37	957	133	04	074		"
衛No-5	" 3月27日 ~ 28日	24999	312	125	959	150	39	043		"
衛No-6	" 4月22日 ~ 23日	2432	3332	137	990	78	38	27		"
公No-1	S.49年 9月11日 ~ 12日	24696	193	78	931	155	80	069		公害センター屋上
公No-2	" 9月12日 ~ 13日	23961	307	128	897	295	02	075		"
公No-3	" 10月7日 ~ 8日	19971	1796	90	997	136	25	23		"
公No-4	" 12月9日 ~ 21日	40425	2243	55	986	69	26	06		"
公No-5	S.50年 4月3日 ~ 5日	3680	2815	76	982	75	29	16		"
公No-6	" 5月27日 ~ 28日	2907	2898	100	772	139	103	143	5400	"
公No-7	" 5月28日 ~ 29日	21888	4747	217	707	179	375	239	7260	" 麦焼時
公No-8	" 6月4日 ~ 5日	2890	1979	68	799	106	062	037	5200	"
公No-9	" 8月6日 ~ 7日	25245	1934	77	884	106	067	338	4420	"
公No-10	" 8月11日 ~ 12日	28392	1612	57	923	88	028	086	3760	"
公No-11	" 11月26日 ~ 27日	23563	1938	82	760	108	693	332	3633	"
公No-12	" 11月27日 ~ 28日	23644	1410	60	891	74	728	159	3020	"

試料No.	採取日	空気量 (m^3)	総粉塵量 (mg)	粉塵量 ($\mu g/m^3$)	PH	硫酸イオン ($\mu g/m^3$)	塩素イオン ($\mu g/m^3$)	硝酸イオン ($\mu g/m^3$)	電導度 ($\mu V/cm$)	備考
鳥No. - 1	S.50年 6月12日 ~13日	21528	5899	274	880	203	060	763	5830	鳥栖市役所屋上
鳥No. - 2	" 6月13日 ~14日	1757	2379	135	806	22.8	0.91	874	5440	"
鳥No. - 3	" 9月2日 ~3日	19584	275	140	880	18.5	52.8	241	3730	"
鳥No. - 4	" 9月3日 ~4日	2196	1774	81	905	10.0	52.6	099	3040	"
鳥No. - 5	" 9月22日 ~23日	2268	1847	81	867	15.4	6.76	331	4235	"
鳥No. - 6	" 9月25日 ~26日	2268	2568	113	747	17.5	56.6	342	4120	"
鳥No. - 7	" 12月2日 ~5日	72385	5023	69	6.90	5.8	240	163	5270	"
鳥No. - 8	" 12月8日 ~9日	2340	137	59	8.81	7.7	780	131	3050	"
唐No. - 1	S.50年 9月16日 ~17日	1509	-	-	-	18.0	6.0	3.0		唐津公害センター屋上
唐No. - 2	" 9月19日 ~20日	1509	-	-	-	49.0	6.0	17.0		"
唐No. - 3	" 10月6日 ~8日	3143	-	-	-	230	140	50		"
唐No. - 4	" 11月11日 ~13日	3017	-	-	-	340	400	9.0		"
唐No. - 5	" 11月26日 ~27日	1509	-	-	-	360	210	120		"
唐No. - 6	" 12月9日 ~10日	1760	-	-	-	200	350	20		"

採取法 ハイボリューム エア サンプラーにより1日~3日採取

分析法 ガラスフィルターの1/4を80mlの水につけ、90分間加熱し、冷後ろ過し全量を100mlとして、検水とする。

硫酸イオン 塩化バリウム濁度法、 塩素イオン チオンアン酸第二水銀法
硝酸イオン 2,4-キシレノール比色法

公害センターのNo. - 7は麦の取入れ時期で、麦焼時のデーターのため平均から削除した。硫酸イオン、塩素イオン、硝酸イオンの三成分とも唐津市が高い傾向にある。

るので今後は雨水のPHと気象との相関、火力発電所の排ガスとの関連について調査する必要がある。

なお、雨水の分析項目も従来の酸性イオンに加え、アンモニウムを測定し、硫酸アンモニウムの塩濃度を調査する。

4. 今後の課題

唐津地区が佐賀地区に比べ、雨水のPHが平均で約0.6低い、この原因の究明を続ける必要がある。

酸性イオンの分析にあたっては、県市とも同一法で定量しているが、試料のクロスチェックを行なう。

参 考 文 献

- 角 皆 静 雄 : 雨水の分析 講談社
- 大気汚染研究全国協議会編 : 大気汚染研究 第十巻 第四号 文久堂