

(3) 酸性降下物の実態調査(第4報)

吉川 信治, 穴井 功一, 高柳 幹男
山崎 八郎, 岩本 稔治郎, 古賀 靖浩

1 はじめに

昭和63年度の酸性降下物の実態調査に引き続き、平成元年度も同調査を実施したので報告する。

2 調査方法

昭和63年度と同様の調査方法(酸性降下物の実態調査<第3報>参照)で実施した。

3 結果と考察

3-1 降水量

測定期間中の降水量は、佐賀1,600mm, 鳥栖1,860mm, 唐津1,770mm, 伊万里2,100mm, 脊振2,330mm, 鎮西1,680mmと山間部の脊振が最も多かった。降水量の経月変化図を(図-1)に示す。今年は、梅雨期よりも9月の台風時にピークを示し、年降水量に対し佐賀32%, 鳥栖31%, 唐津36%, 伊万里30%, 脊振32%, 鎮西37%をそれぞれ占めていた。また佐賀地方気象台の資料によると9月上旬から中旬にかけて雨量が多く月降雨量は、531.5mmと多量であった。

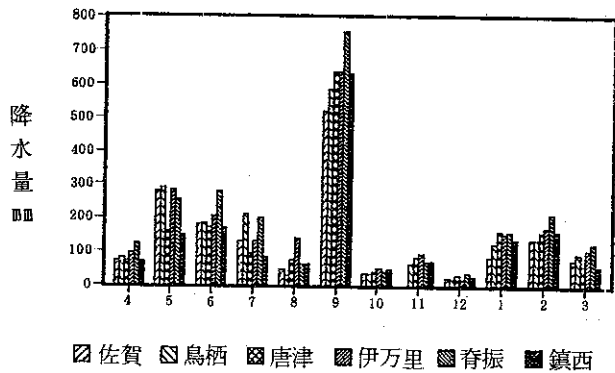


図1 月別降水量

3-2 pH

測定期間中のpHをヒストグラム(図-2)に表わした。pHの0.2刻みの出現頻度分布は、4.6~4.8がピークの丘陵型の分布であった。地点別の平均pHは、佐賀4.6, 鳥栖4.6, 唐津4.7, 伊万里4.7, 脊振4.6, 鎮西4.8と差はあまり見られなかった。環境庁の第1次調査での、全国平均4.7~4.8とほとんど変わらなかった。

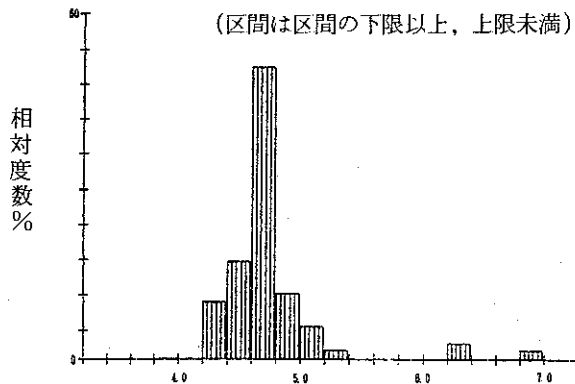
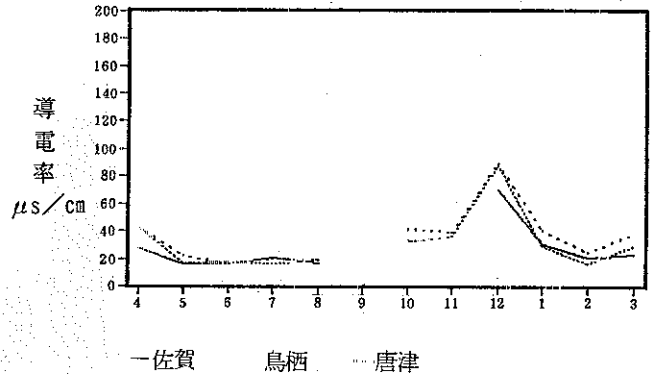


図-2 PHヒストグラム

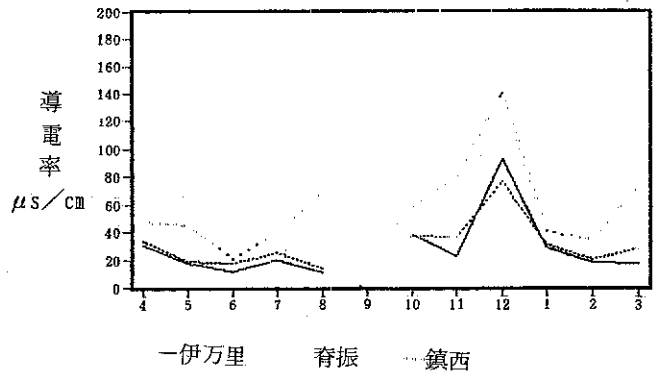
3-3 導電率 (EC)

測定期間中の導電率の出現範囲と平均値は、それぞれ佐賀16.0~70.0・27.4, 鳥栖16.0~88.0・31.1, 唐津16.0~89.0・35.5, 伊万里11.0~92.0・27.8, 脊振14.0~76.0・30.5, 鎮西21.0~140.0・58.8 (単位はいずれも $\mu\text{S}/\text{cm}$)であった。平均値では、佐賀がもっとも低く、鎮西がもっとも高かった。経月変化を(図-3)に示した。12月は、どの地点も高い値を示していた。12月に降水量が少なかった影響が考えられる。



—佐賀 鳥栖 ---唐津

※9月は、欠測で佐賀の10, 11月も欠測



—伊万里 脊振 ---鎮西

※9月は、欠測

図-3 月別導電率

3-4 イオン濃度

測定期間中の各成分の平均濃度を(表-1)に表わす。またそれぞれの成分の濃度の出現範囲は、 SO_4^{2-} が1.00~12.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$, NO_3^- が0.21~5.30 $\mu\text{g}/\text{ml}$, Cl^- が0.41~29.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$, Na^+ が0.13~6.60 $\mu\text{g}/\text{ml}$, K^+ が0.02~1.20 $\mu\text{g}/\text{ml}$, Ca^{2+} が0.03~4.80 $\mu\text{g}/\text{ml}$, Mg^{2+} が0.03~2.30 $\mu\text{g}/\text{ml}$, NH_4^+ が0.06~3.00 $\mu\text{g}/\text{ml}$ という結果であった。バックグラウンドとして考えていた鎮西では、ほとんどの成分が高い濃度で存在していた。 NH_4^+ は、佐賀・鳥栖で高く、 SO_4^{2-} は、伊万里が特に低い濃度であり、 NO_3^- は、伊万里・脊振がもっとも低い濃度であった。

表-1 地点別の成分濃度表

	pH	EC	H^+	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^+
佐賀	4.6	27.4	0.02	2.38	0.80	0.10	0.45	0.12	0.30	0.11	0.44
鳥栖	4.6	31.1	0.02	2.61	0.83	1.24	0.49	0.13	0.30	0.12	0.65
唐津	4.7	35.5	0.02	2.22	0.89	2.38	1.02	0.15	0.27	0.22	0.32
伊万里	4.7	27.8	0.02	1.77	0.68	1.14	0.56	0.16	0.18	0.12	0.28
脊振	4.6	30.5	0.03	2.10	0.61	1.27	0.52	0.11	0.25	0.21	0.25
鎮西	4.8	58.8	0.02	2.97	1.21	6.07	2.23	0.30	0.48	0.52	0.40

単位 (EC: $\mu\text{S}/\text{cm}$ pH以外は $\mu\text{g}/\text{ml}$)

3-5 降下量

測定期間中の降下量を項目別に

(図-4)に示す。 SO_4^{2-} 、 Cl^- が最も多く Na^+ 、 NO_3^- が続いて多かった。(図-5)に成分別の月変化を示した。 SO_4^{2-} の年降下量は、鳥栖・脊振・鎮西がそれぞれ $4,860\text{mg}/\text{m}^2$ 、 $4,890\text{mg}/\text{m}^2$ 、 $4,980\text{mg}/\text{m}^2$ と多く月別では、降水量の多かった9月が多い降下量であった。 NO_3^- は、佐賀が $1,280\text{mg}/\text{m}^2$ と少なく鎮西で $2,030\text{mg}/\text{m}^2$

と多い値であった。月変化は、それ程なく8月、10月がやや少なかった。 Na^+ 、 Cl^- は、ともに海岸部の鎮西が高く、他地点の2倍程度の降下量であった。月変化はそれ程見られなかった。

Ca^{2+} は、降水量に関係なく7月、8月、10月を除いて同じような降下量だった。特に鎮西では1月、2月、3月と多かった。一方 K^+ は、降水量の多かった9月に多かったものの他の月では、一定した降下量であった。 Mg^{2+} も K^+ と同様であった。 NH_4^+ は、鳥栖でピークが見られるもののばらつきが多かった。 H^+ の年降下量は、佐賀 0.036 、鳥栖 0.043 、唐津 0.038 、伊万里 0.040 、脊振 0.065 、鎮西 0.029 (単位はいずれも mg/m^2)で脊振が高く、鎮西は低い値だった。

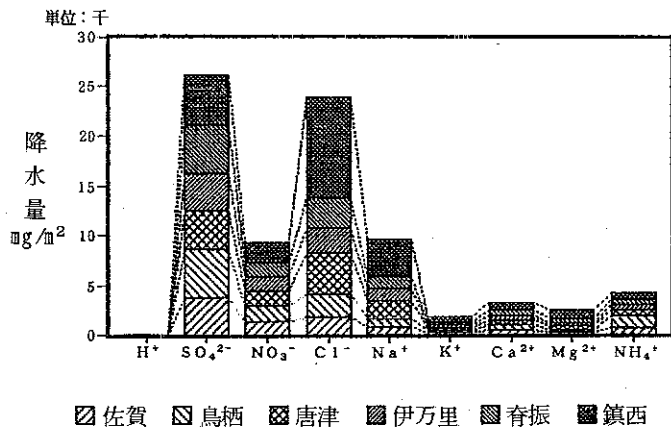
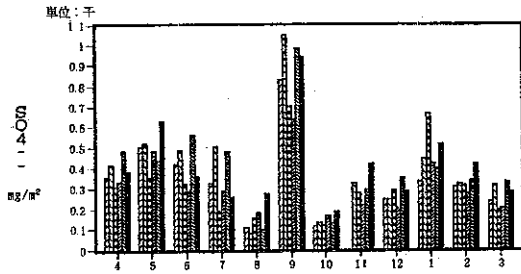
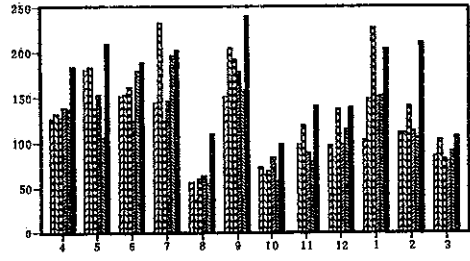


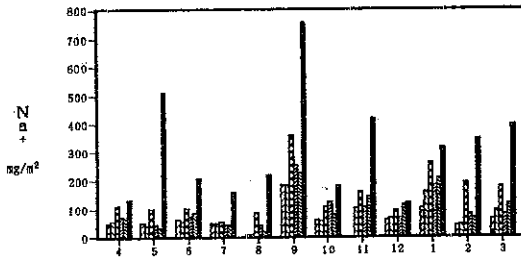
図-4 項目別降水量



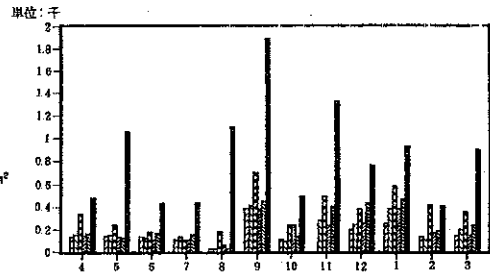
佐賀 鳥栖 唐津 伊万里 脊振 鎮西



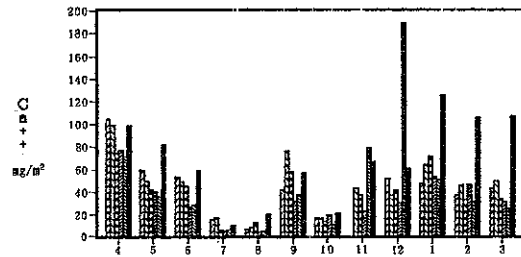
佐賀 鳥栖 唐津 伊万里 脊振 鎮西



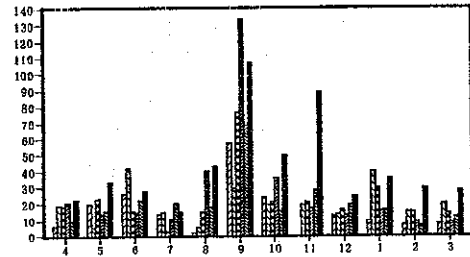
佐賀 鳥栖 唐津 伊万里 脊振 鎮西



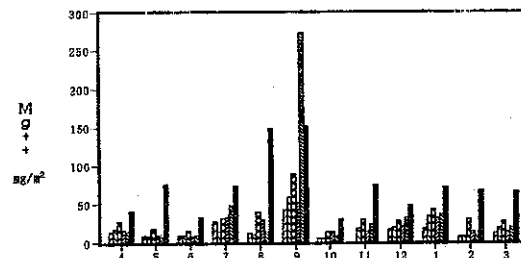
佐賀 鳥栖 唐津 伊万里 脊振 鎮西



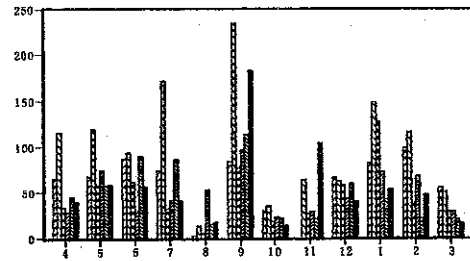
佐賀 鳥栖 唐津 伊万里 脊振 鎮西



佐賀 鳥栖 唐津 伊万里 脊振 鎮西



佐賀 鳥栖 唐津 伊万里 脊振 鎮西



佐賀 鳥栖 唐津 伊万里 脊振 鎮西

図-5 成分別降下量の経月変化

4 成分間の関係

それぞれの成分の相関係数を(表-2)に示す。この表から本県の降水中のpHは、 Ca^{2+} とよい相関があるといえる。降水量とは、みなよい相関であったが、 Ca^{2+} 、 Cl^{-} だけは、よくなかった。 Na^{+} 、 K^{+} 、 Cl^{-} 、 Mg^{2+} はよい相関だった。また本県に降った降水物のデータをクラスター分析によって分類すると海塩粒子に起因すると見られる Cl^{-} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} とpH、EC、 Ca^{2+} のグループと人為汚染によると考えられる SO_4^{2-} 、 NO_3^{-} 、 NH_4^{+} と H^{+} 、降水量のグループに分類できた。これを(図-6)に示す。

表-2 地点別の成分相関係数

	pH	EC	降水量	H^{+}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	Cl^{-}	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^{+}
pH												
EC	0.280											
降水量	-0.082	-0.571										
H^{+}	-0.304	-0.436	0.903									
SO_4^{2-}	-0.013	-0.081	0.854	0.848								
NO_3^{-}	-0.024	-0.029	0.545	0.506	0.761							
Cl^{-}	0.326	0.587	0.258	0.164	0.430	0.432						
Na^{+}	0.274	0.339	0.408	0.283	0.520	0.502	0.917					
K^{+}	0.236	0.312	0.637	0.408	0.545	0.365	0.623	0.679				
Ca^{2+}	0.531	0.311	0.022	-0.017	0.341	0.351	0.357	0.351	0.102			
Mg^{2+}	0.149	0.420	0.549	0.438	0.555	0.377	0.644	0.631	0.576	0.126		
NH_4^{+}	0.022	-0.111	0.590	0.567	0.765	0.633	0.228	0.265	0.356	0.218	0.250	

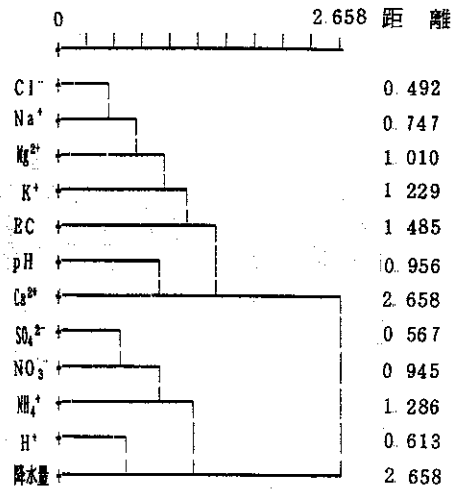


図-6 <クラスター分析

基準：ウォード法>

今回 Na^{+} 、 Cl^{-} に次いで関係が深い NO_3^{-} 、 SO_4^{2-} について注目してみた。まず NO_3^{-}/SO_4^{2-} の値は(図-7)に示すとおりである。唐津、鎮西の7月でやや高く、9月の降水量の多い時にもっとも低い値であったがだいたいばらつきが少なく0.3~0.5の比率で推移していた。

また降水中の SO_4^{2-} 濃度、 NO_3^{-} 濃度の経月変化を(図-8)(図-9)に示す。濃度は、降水量と反比例で降水量の少ない12月に最も高いピークを示した。一方これと比較するために佐賀、鳥栖の自動測定局の SO_2 、 NO_x の月別の濃度変化を(図-10)に示す。佐賀では、12月をピークに10月から2月の間が高く、その中でも特に NO_x の値が高かった。鳥栖では、 SO_2 の月変化は、見られず NO_x の濃度は、10月から3月にかけて高く、やはりピークは12月であった。

降水中の SO_4^{2-} 濃度と測定局の SO_2 濃度の相関は、佐賀で $r=0.720$ 、鳥栖で $r=0.300$ 、また降水中の NO_3^{-} 濃度と測定局の NO_x 濃度の相関は、佐賀で $r=0.720$ 、鳥栖で $r=0.716$ と鳥栖の SO_4^{2-} と SO_2 以外は、良好な相関を示した。

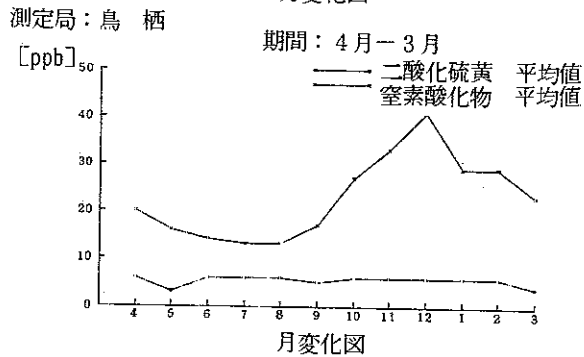
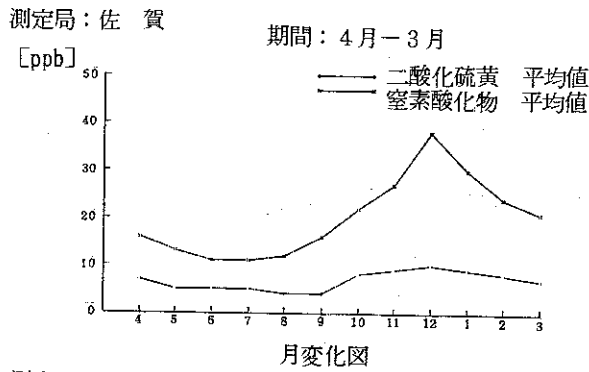
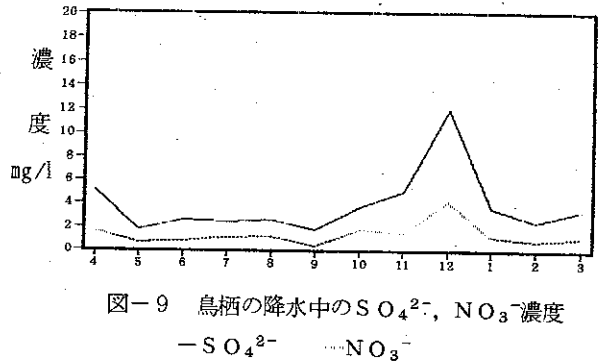
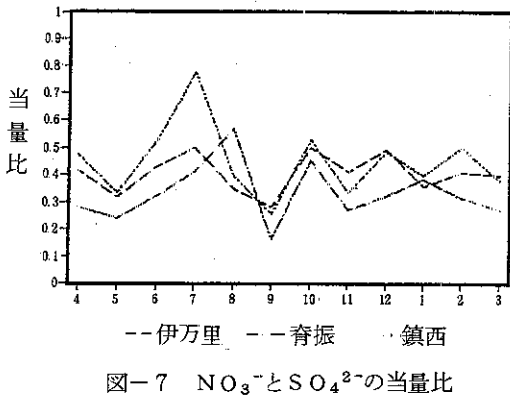
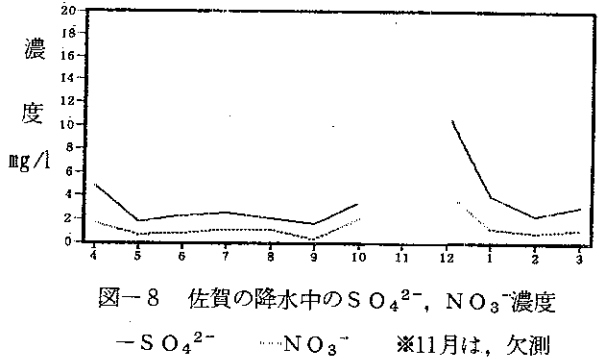
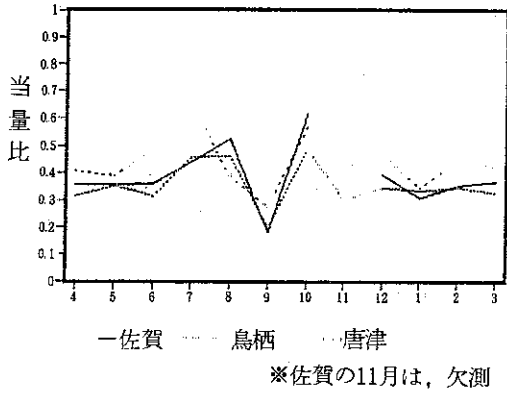


図-10 自動測定局の SO_2 、 NO_x 濃度

5 風向、風配図

前頁の測定局のデータと酸性雨のデータの関係で参考として佐賀および鳥栖の測定局の月別の風向、風配図は(図-11)のとおりである。

佐賀局では、4月、5月は、東北東の風が多く、6月は、北風が、そして7月、8月は、東北東の風が多かった。9月から1月までは、北風、2月、3月は、北北東から東北東の風が多く吹いていた。一方、鳥栖では、年間を通して北からの風と南南西の風が多かった。特に6月から8月にかけては、南南西の風が強かった。またこの図から2月に相当強い北風が吹いた事が推測される。

6 まとめ

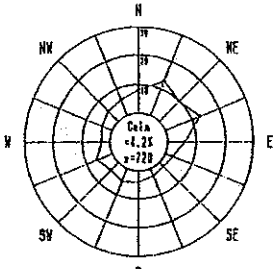
降水量は、山間部である脊振が2,330mm/yearと最も多かった。経月変化では、9月に台風の影響で最も多い降水量であった。測定期間中のpHは、4.6~4.8が最も多かった。全国平均と同じくらいのpHであることから全国と同じようなpHの雨が佐賀でも降っているといえる。導電率は、平均で佐賀27.4、唐津35.5、伊万里27.8、脊振30.5、鎮西58.8(単位はいずれも $\mu\text{s}/\text{cm}$)と佐賀で最も低く、鎮西で最も高かった。これは、導電率が海塩粒子由来の Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ 、 Mg^{2+} と相関があり、ガス状物質由来の SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ と相関が低いことから推定できる事象である。イオン濃度としては、佐賀、鳥栖で NH_4^+ が高かった。バックグラウンドとして考えていた鎮西は、ほとんどの項目で高い濃度であった。降水量は、やはり降水量の多かった9月に多いものの1年を通してのばらつきは、少ないものであった。 Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ 、 Mg^{2+} は鎮西で極端に多かった。

各成分の相関関係、クラスター分析からいえることは、今年度測定期間中におけるpHは、 Ca^{2+} と相関があり、またガス状物質の影響が高い SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ よりも海塩粒子の影響が高い Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ の方がより多く関与していると考えられる。 SO_4^{2-} 、 NO_3^- に注目して見ると $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ の比は、だいたい0.3~0.5の間を推移していた。佐賀、鳥栖の降水中の SO_4^{2-} 、 NO_3^- 濃度は、ともに12月がピークであった。これらの値と相関係数が $r=0.7$ 以上とより関係の深い気中の SO_2 、 NO_x 濃度もピークは、12月であった。鳥栖の降水中 SO_4^{2-} 濃度と気中 SO_2 濃度だけは、相関が見られなかった。今後これら測定局のデータと関連付けながら酸性雨等の調査、解明を継続していく必要があると思われる。

参考文献

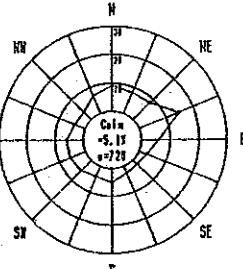
- 1) 佐賀県公害センター所報第7号 酸性降下物の実態調査(第1報)、(第2報)
- 2) 佐賀地方気象台資料 平成元年度
- 3) 酸性雨対策検討会大気分科会 酸性雨対策調査中間報告書(環境庁:昭和62年7月)

測定局：佐賀
 期間：4月1日1時-4月30日24時



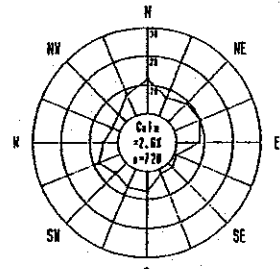
風向風配図 単位：[%]

測定局：佐賀
 期間：5月1日1時-5月30日24時



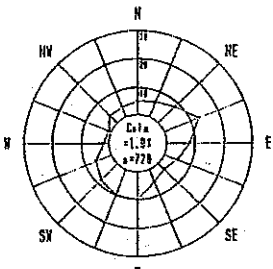
風向風配図 単位：[%]

測定局：佐賀
 期間：6月1日1時-6月30日24時



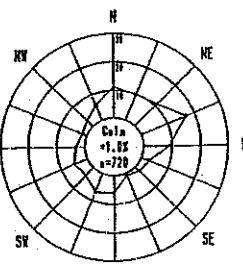
風向風配図 単位：[%]

測定局：佐賀
 期間：7月1日1時-7月30日24時



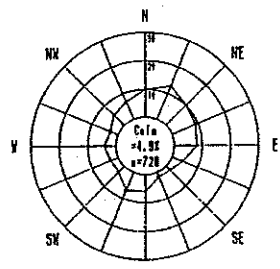
風向風配図 単位：[%]

測定局：佐賀
 期間：8月1日1時-8月30日24時



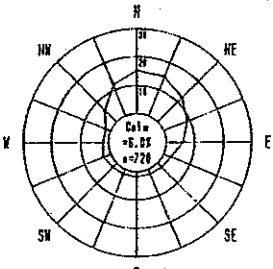
風向風配図 単位：[%]

測定局：佐賀
 期間：9月1日1時-9月30日24時



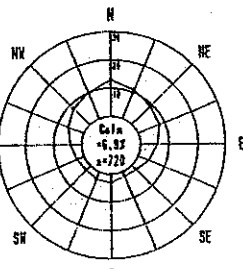
風向風配図 単位：[%]

測定局：佐賀
 期間：10月1日1時-10月30日24時



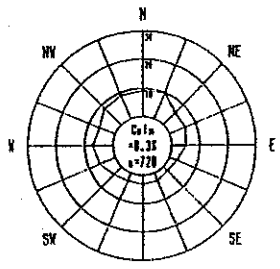
風向風配図 単位：[%]

測定局：佐賀
 期間：11月1日1時-11月30日24時



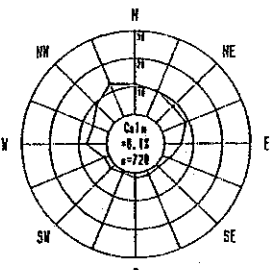
風向風配図 単位：[%]

測定局：佐賀
 期間：12月1日1時-12月30日24時



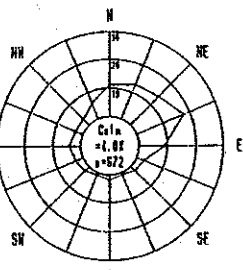
風向風配図 単位：[%]

測定局：佐賀
 期間：1月1日1時-1月30日24時



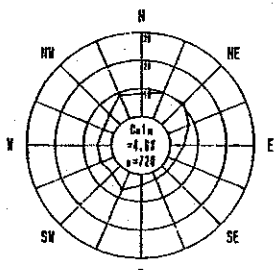
風向風配図 単位：[%]

測定局：佐賀
 期間：2月1日1時-2月28日24時



風向風配図 単位：[%]

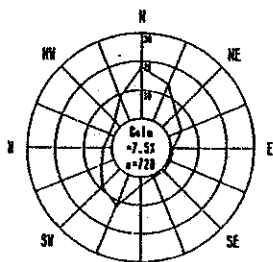
測定局：佐賀
 期間：3月1日1時-3月30日24時



風向風配図 単位：[%]

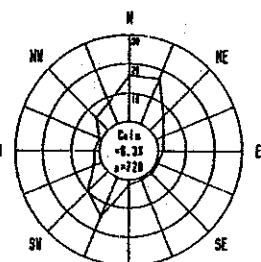
図-11 自動測定局の月別風向、風配図<参考>

測定局：鳥 栖
 期間：4月1日1時-4月30日24時



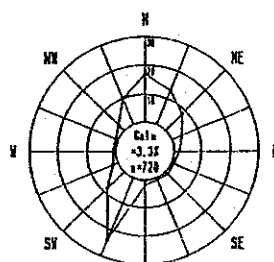
風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：5月1日1時-5月30日24時



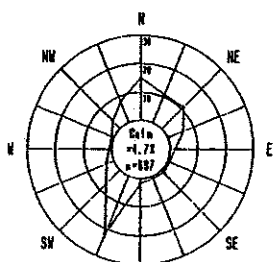
風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：6月1日1時-6月30日24時



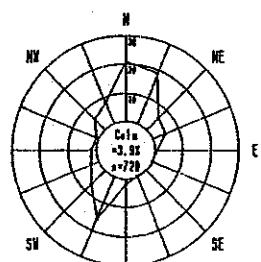
風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：7月1日1時-7月30日24時



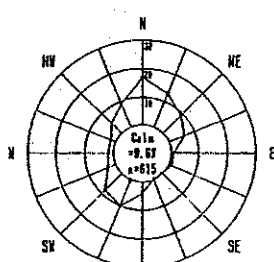
風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：8月1日1時-8月30日24時



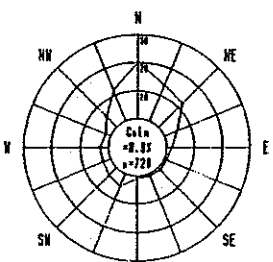
風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：9月1日1時-9月30日24時



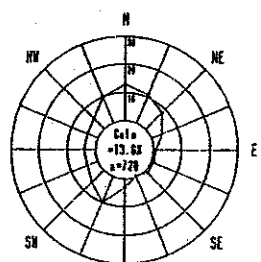
風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：10月1日1時-10月30日24時



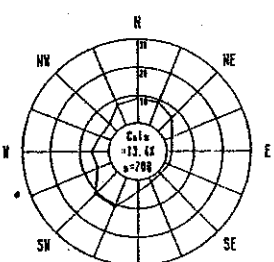
風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：11月1日1時-11月30日24時



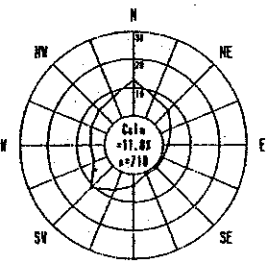
風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：12月1日1時-12月30日24時



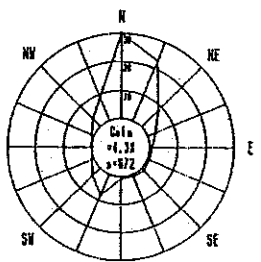
風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：1月1日1時-1月30日24時



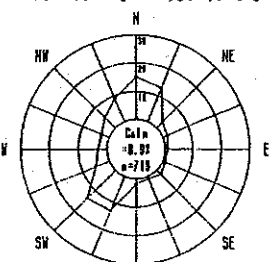
風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：2月1日1時-2月28日24時



風向風速図 単位：[%]

測定局：鳥 栖
 期間：3月1日1時-3月30日24時



風向風速図 単位：[%]