

2 酸性降下物の実態調査（第2報）

犬塚加代子，吉川 信治
洲野 良蔵，岩本桑治郎
古賀 靖浩

1 はじめに

昭和61年度の酸性降下物の実態調査に引き続き，62年度も調査を実施したので報告する。

2 調査方法

昭和61年度と同様の調査方法（酸性降下物の実態調査（第1報）参照）で実施した。

3 結果と考察

(1) 降水量

① 地域別降水量（図1）

鳥栖市が最も多く年間降水量は2,610mmで，次いで脊振村の2,550mmの順であった。9月，10月欠測の鎮西町を除けば，年間降水量は5地点とも2,000mm以上で，地域差はあまりなかった。62年度は脊振村と鎮西町を除いて増加の傾向がみられた。

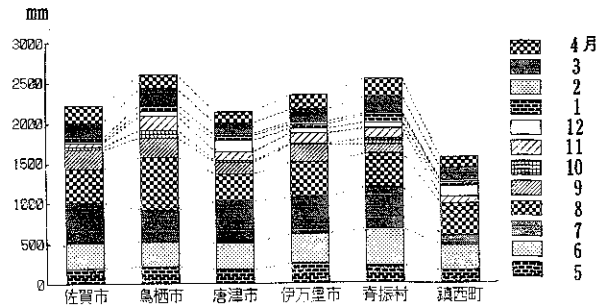


図-1 地域別降水量

② 月別降水量（図2）

5月～8月にかけて降水量が多くこの時期だけで年間降水量の約60%を占めている。また，61年度と同様10月～2月にかけて降水量は少なかった。

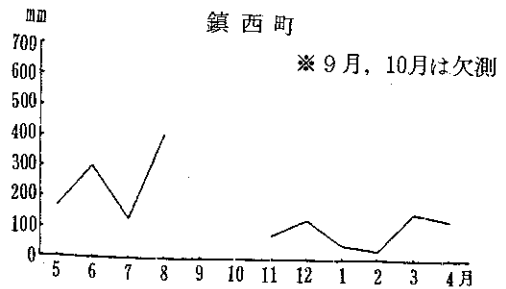
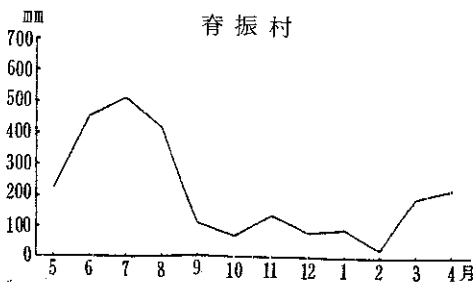
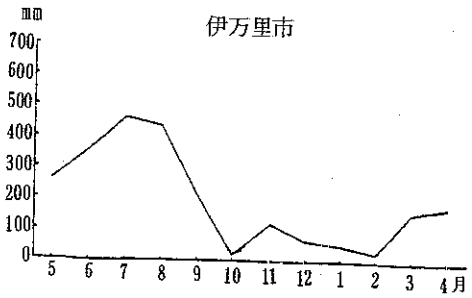
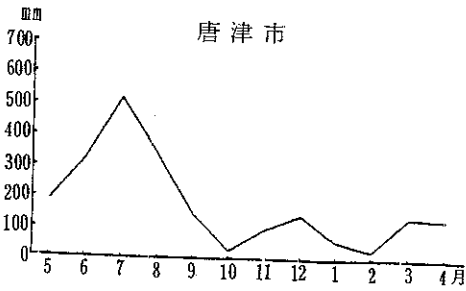
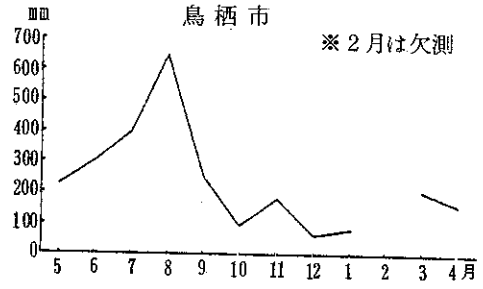
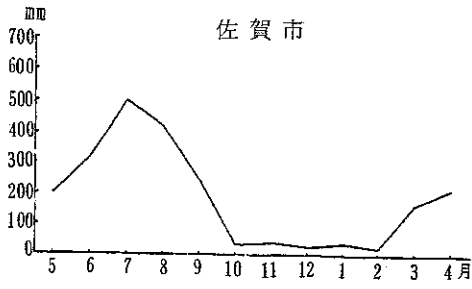


図-2 月別降水量

(2) 降水量と降下量の関係 (表 1)

昭和61年度には降水量と SO_4^{2-} の間に相関はみられなかったが、62年度においては鎮西町を除く 5 地点で相関がみられた。

また61年度に全地点で高い相関のみられた NO_3^- は、佐賀市、鳥栖市、脊振村の 3 地点であった。

そのほか H^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} について、降水量と相関がみられた地点があった。

61年度同様 Cl^- 、 Mg^{2+} 、 Na^+ については、降水量との間に有意な相関はみられなかった。

表 1 降水量と各成分降下量の相関

項目 地点	H^+	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	Ca^{2+}	K^+
佐賀市		**	**	*	*	**
鳥栖市	*	**	**	**		
唐津市	**	*				
伊万里市	*	**				*
脊振村	**	*	*	*		
鎮西町						

** 有意水準 1%で有意

* 有意水準 5%で有意

次に SO_4^{2-} と NO_3^- について降水量と降下量の一次回帰式を求め、回帰係数を比較した。(表 2)

SO_4^{2-} についてみてみると、回帰係数の大きいのは鳥栖市の 1.33、次いで伊万里市の 1.25、佐賀市の 1.10 の順で、3 地点間にあまり差はなかったが、他地点と比べるとやや高かった。

NO_3^- については、鳥栖市の回帰係数が 0.570 と目立っていた。

表 2 降水量と SO_4^{2-} 、 NO_3^- 降下量の関係

項目 地点名	SO_4^{2-}		NO_3^-	
	回帰式	相関係数(R)	回帰式	相関係数(R)
佐賀市	$y = 1.10x + 227$	0.818 ✓	$y = 0.298x + 65.7$	0.740
鳥栖市	$y = 1.33x + 273$	0.815 ↓	$y = 0.570x + 50.1$	0.832
唐津市	$y = 0.571x + 280$	0.599	$y = 0.079x + 98.4$	0.176
伊万里市	$y = 1.25x + 146$	0.799 ✓	$y = 0.349x + 46.8$	0.492
脊振村	$y = 0.843x + 236$	0.659	$y = 0.300x + 44.5$	0.704
鎮西町	$y = 0.100x + 360$	0.074	$y = 0.198x + 148$	0.398

(3) 水溶性成分の降下量

H^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Ca^{2+} について年間降下量と季節変化の特徴は次のとおりであった。

① 年間値

○ 水素イオンの降下量 (図3)

最も多かったのは伊万里市の $104mg/m^2$ 年, 次いで鳥栖市の $86mg/m^2$ 年, 脊振村の $82mg/m^2$ 年と続いた。最も少なかったのは昭和61年度と同様に, 鎮西町の $46mg/m^2$ 年であった。

○ 硝酸イオンの降下量 (図4)

昭和61年度と同様の方法で算出した海塩起源 SO_4^{2-} の寄与率は, 鎮西町で33%, 唐津市で22%, 伊万里市で17%と海岸に近い地域で大きかった。

61年度には脊振村では寄与率が16%であったが, 62年度は11%と低くなっていた。

以下, 海塩粒子を除いたExcess- SO_4^{2-} としてみると, 61年度と同様に鳥栖市で $5.9g/m^2$ 年と最も多く, 次いで佐賀市の $4.8g/m^2$ 年, 脊振村の $4.4g/m^2$ 年の順であった。前回に比べ, 鎮西町で少し減少していたが, 他の地点においてはほぼ同程度, または若干の増加がみられた。

○ 硝酸イオンの降下量 (図5)

鳥栖市, 鎮西町がそれぞれ $2.0g/m^2$, $1.8g/m^2$ と少し目立つが, 他の4地点では $1.3\sim 1.5g/m^2$ 年の範囲であまり地域差はみられなかった。昭和61年度に比べ全地点で降下量は少なくなっていた。

○ 硝酸イオンと硫酸イオンの降下量の比 (表3)

年間値についてみると鎮西町が0.41と最も高く, 他の5地点においては0.26~0.32の同程度の値を示した。

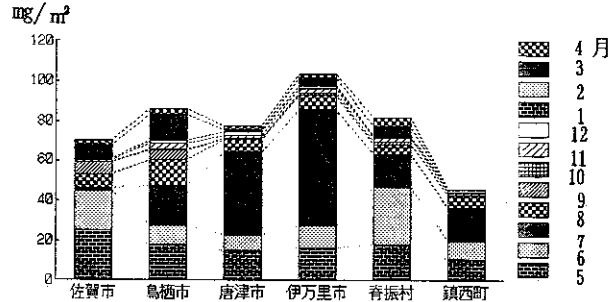


図-3 H^+ の年間降下量

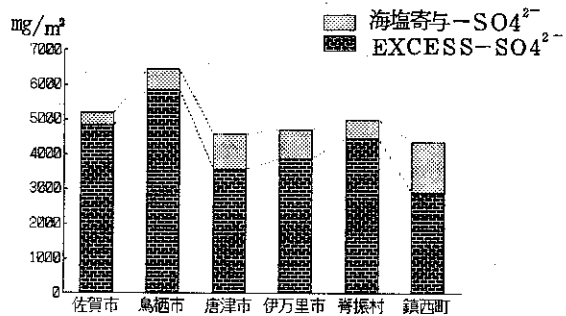


図-4 SO_4^{2-} の年間降下量

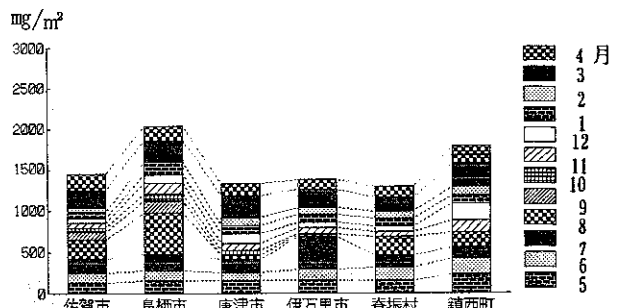


図-5 NO_3^- の年間降下量

鎮西町において SO_4^{2-} の降下量は、他地点と比べて大差はなかったが、 NO_3^- の降下量が他地点と比べて多かったので $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ の比が大きくなった。また鳥栖市の NO_3^- の降下量についても同様に多かったが、 SO_4^{2-} の降下量も多かったために、鎮西町を除く他地点とあまりかわらない数値になった。

表3 年間降下量の当量比 ($\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$)

年月	地点	佐賀市	鳥栖市	唐津市	伊万里市	脊振村	鎮西町
62. 5		0.27	0.29	0.35	0.33	0.22	0.36
6		0.21	0.25	0.30	0.37	0.25	0.55
7		0.28	0.33	0.26	0.39	0.30	0.44
8		0.33	0.39	0.14	0.05	0.38	0.41
9		0.18	0.24	—	—	—	—
10		0.69	0.41	0.36	0.16	—	—
11		0.37	0.32	0.41	0.39	0.30	0.36
12		0.33	0.30	0.25	0.31	0.27	0.37
63. 1		0.20	0.24	0.28	0.32	0.23	0.30
2		0.25	—	0.47	0.38	0.39	0.30
3		0.31	0.35	0.44	0.44	0.29	0.42
4		0.32	0.31	0.34	0.31	0.23	0.72
年間値		0.28	0.32	0.29	0.29	0.26	0.41

○ アンモニウムイオンの降下量 (図6)

鳥栖市が最も多く $1.1\text{g}/\text{m}^2$ 年、次いで佐賀市の $0.7\text{g}/\text{m}^2$ 年、脊振村の $0.6\text{g}/\text{m}^2$ 年で、他の3地点は鳥栖市の50%以下と少なかった。鳥栖市、佐賀市の降下量は昭和61年度に比べて少し増加していたが、他の4地点は若干減少していた。

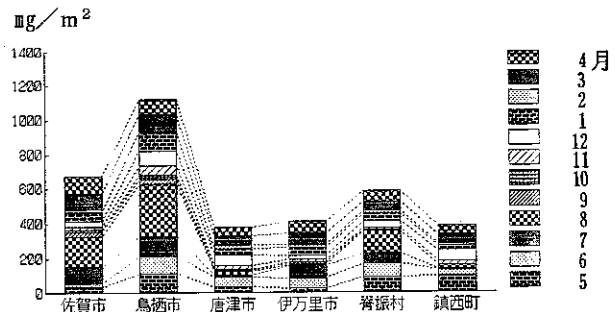


図-6 NH_4^+ の年間降下量

○ カルシウムイオンの降下量 (図7)

海塩起源 Ca^{2+} の寄与率は、鎮西町14%、唐津市13%、伊万里市9%の順で、海岸部の方が内陸部より大きかった。

61年度に寄与率の大きかった脊振村は小さくなっていた。

Excess- Ca^{2+} については、大きな地域差はみられなかった。

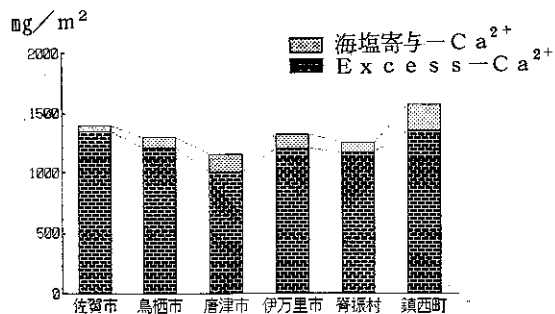


図-7 Ca^{2+} の年間降下量

② 季節変化

○ 水素イオンの降下量 (図8)

佐賀市を除く5地点では、降水量の変化と対応して、H⁺の降下量は5月～7月頃にかけて多く、10月～2月にかけて少なくなる傾向がみられた。 /

佐賀市の7月は、降水量の増加と逆にH⁺降下量は減少していた。

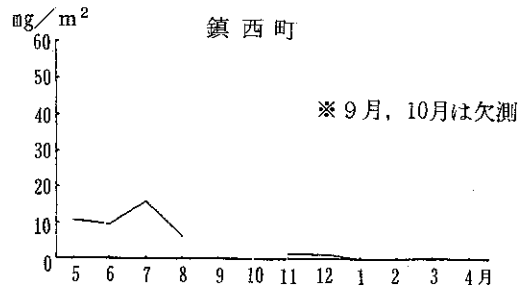
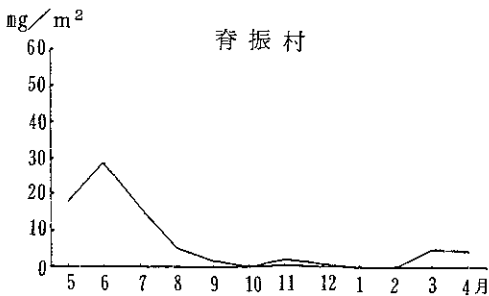
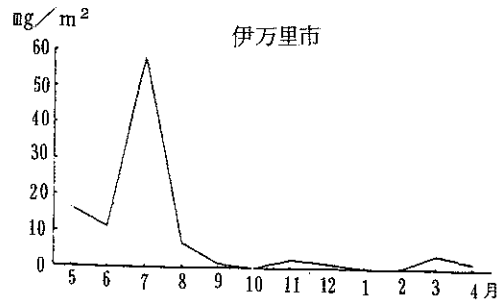
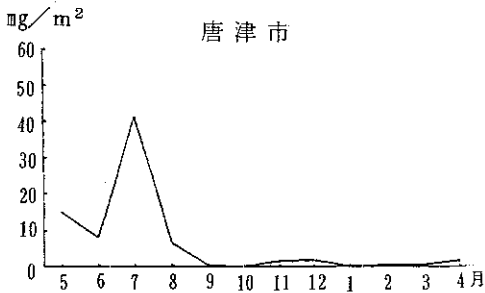
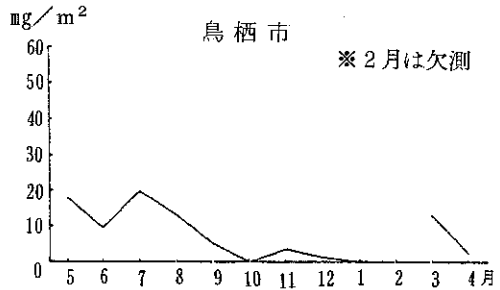
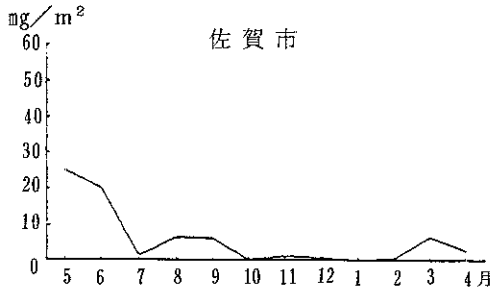


図-8 H⁺の月別降下量

○ 硫酸イオンの降下量 (図9)

概して7月～8月の降水量の多い時期と、3月～4月にかけて、降下量が多い傾向を示した。鎮西町を除く5地点では降水量の変化とよく対応していた。

Excess-SO₄²⁻についても、SO₄²⁻降下量とほぼ同じ傾向を示していた。また海塩粒子の影響は、春期・夏期よりも、秋期・冬期に大きい傾向にあり、特に9月、10月は目立っていた。鎮西町においては、年間を通じてほぼ同じくらの影響を受けていた。

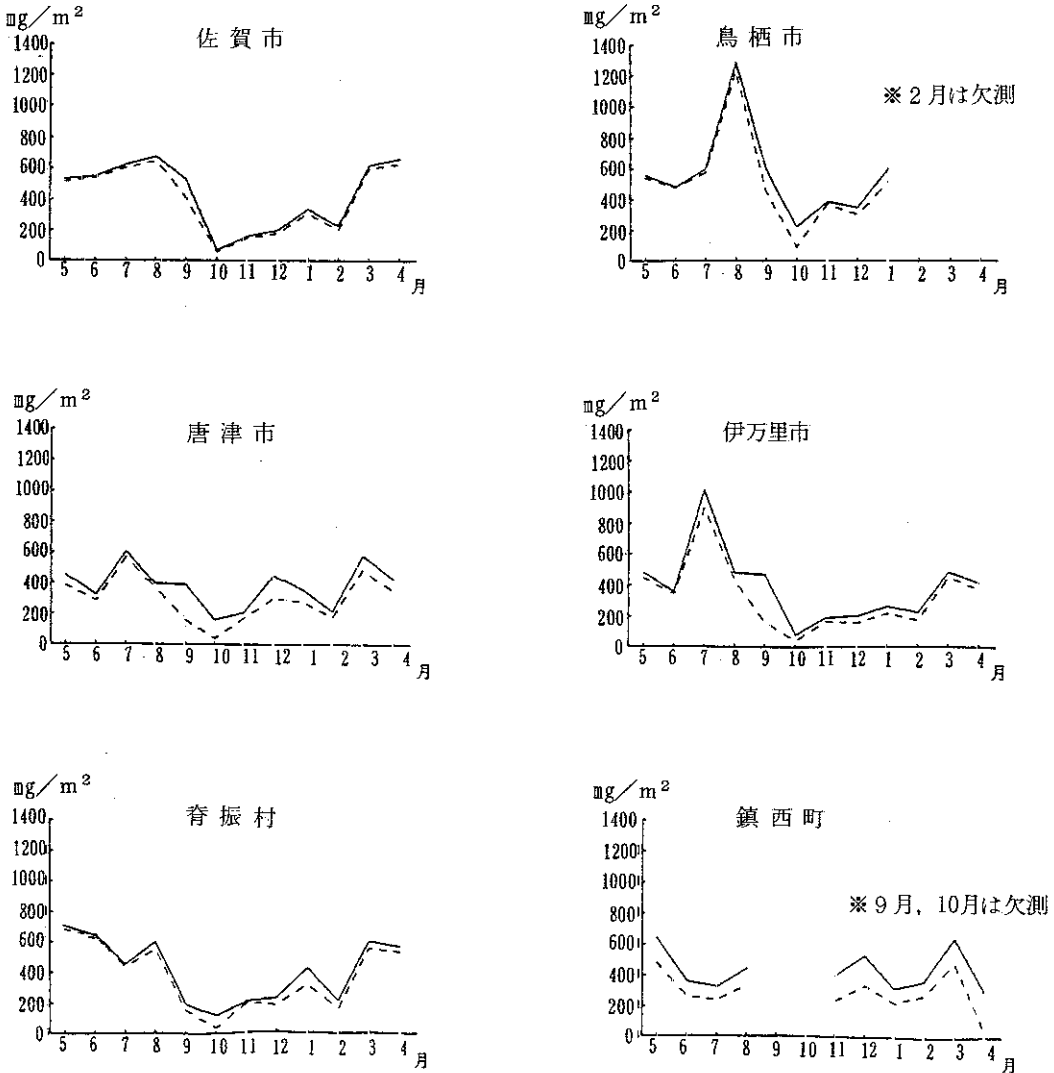


図-9 SO₄²⁻, Excess-SO₄²⁻(点線)の月別降下量

○ 硝酸イオン降下量 (図10)

鎮西町を除く5地点において、7月～8月の降水量の多い時期と、2月～4月にかけて降下量が多い傾向を示した。ただし伊万里市においては、降水量の多い8月にNO₃⁻降下量が他の地点と比べて少なかった。

佐賀市、鳥栖市、脊振村で降水量の変化とよく対応していた。

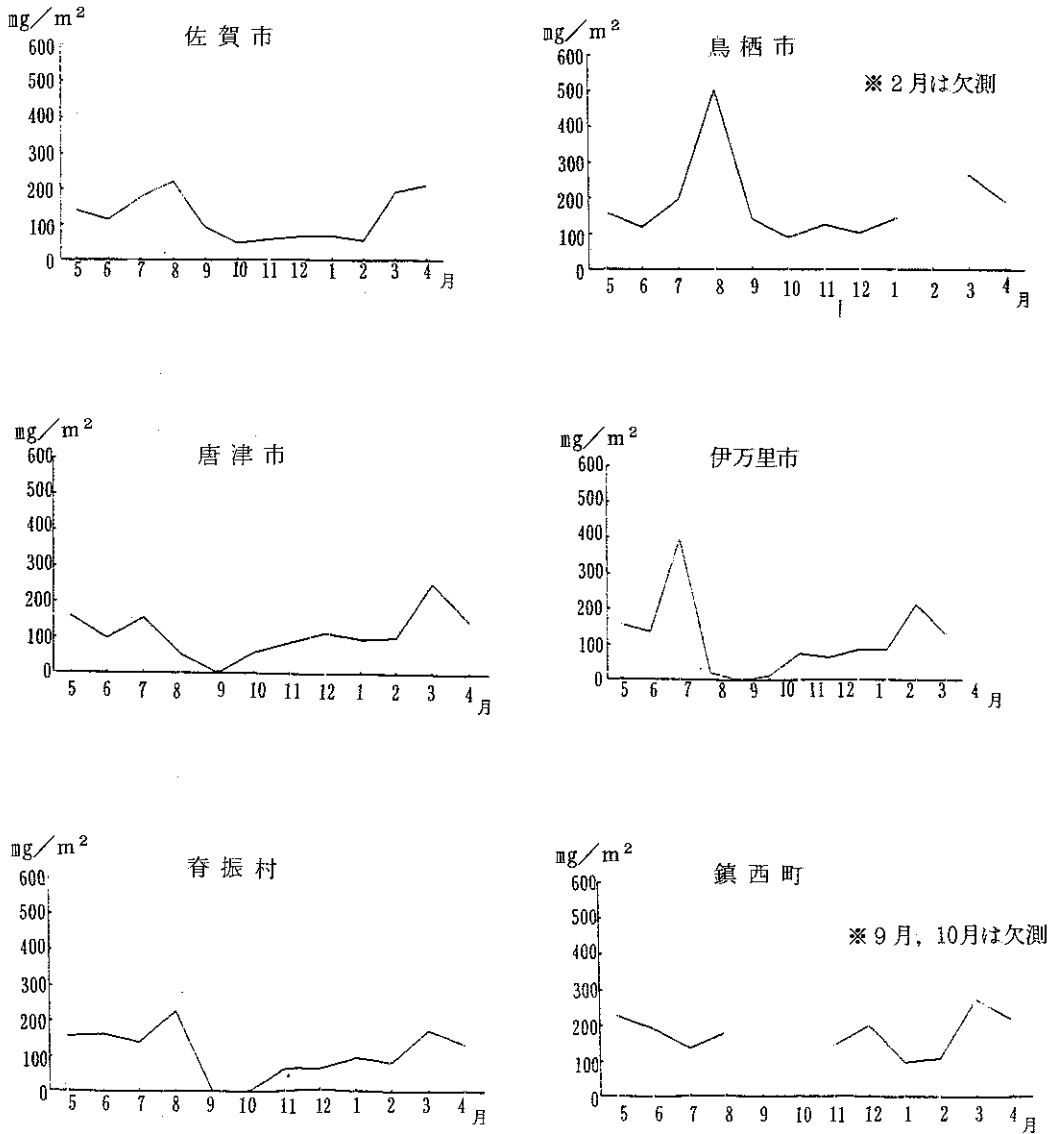


図-10 NO₃⁻の月別降下量

○ 硝酸イオンと硫酸イオンの比 (図11)

当量比は地点間のばらつきも少なく、全体的に際立った季節変化はみられなかった。

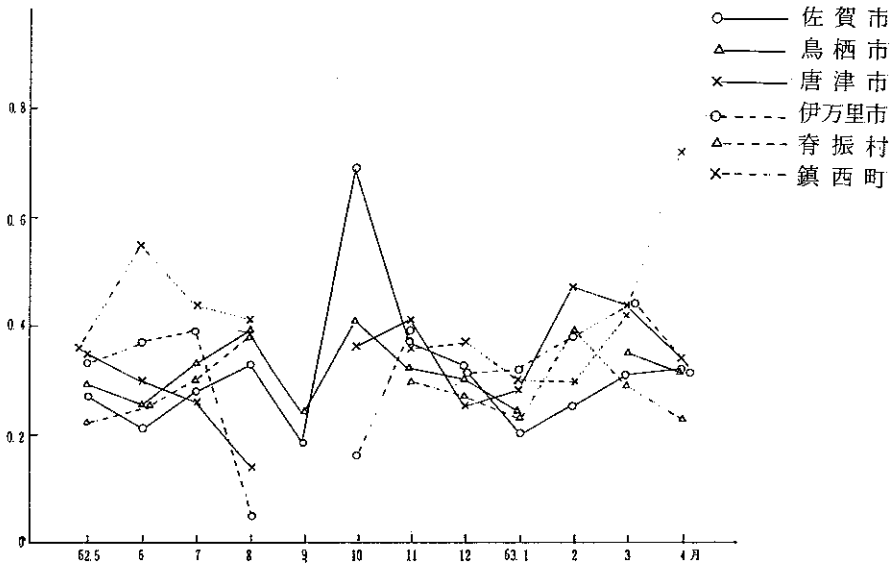


図-11 NO_3^- と SO_4^{2-} の当量比 ($\text{NO}_3^- / \text{SO}_4^{2-}$)

○アンモニウムイオンの降下量 (図12)

佐賀市, 鳥栖市, 脊振村においては, 降水量の変化とよく対応しており, 8月に降下量のピークがみられた。

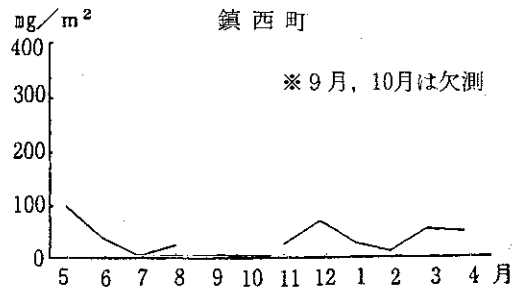
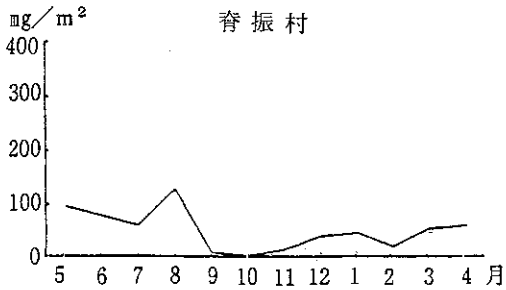
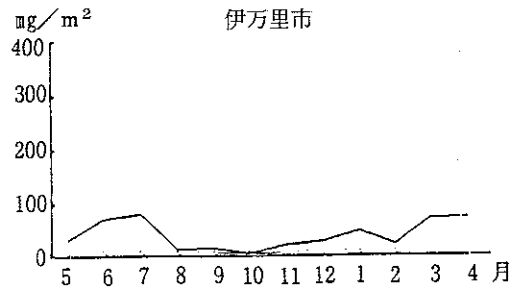
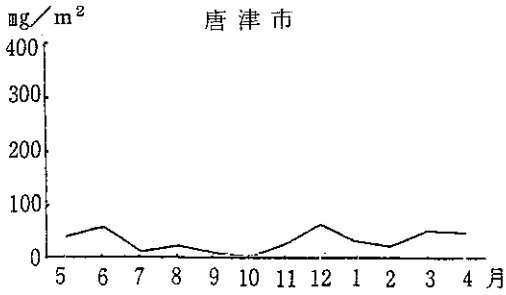
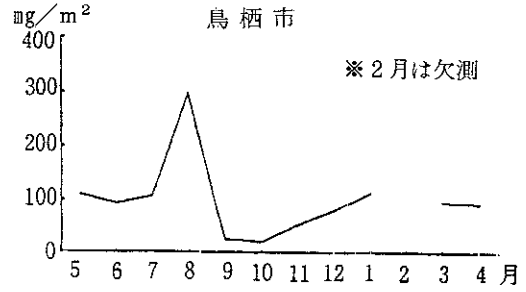
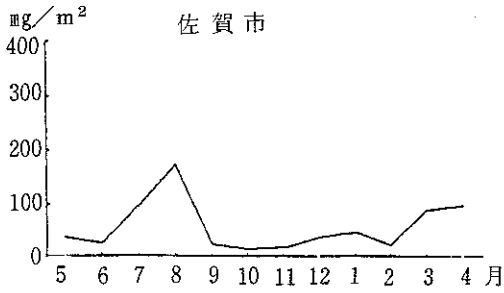


図-12 NH₄⁺の月別降下量

○ カルシウムイオンの降下量 (図13)

鎮西町では昭和61年度と、同じく2月～4月にかけて最も多く、年間降水量の62%を占めている。佐賀市、鳥栖市、伊万里市、脊振村では、降水量の多い7月～8月と1月～4月にかけて降下量が多くなる傾向がみられた。

3月～4月にかけての春先に降下量が多いのは、黄砂による影響が考えられる。

唐津市においては特に10月、3月に降下量が多かった。

海塩粒子の影響は、 SO_4^{2-} と同様の傾向を示した。

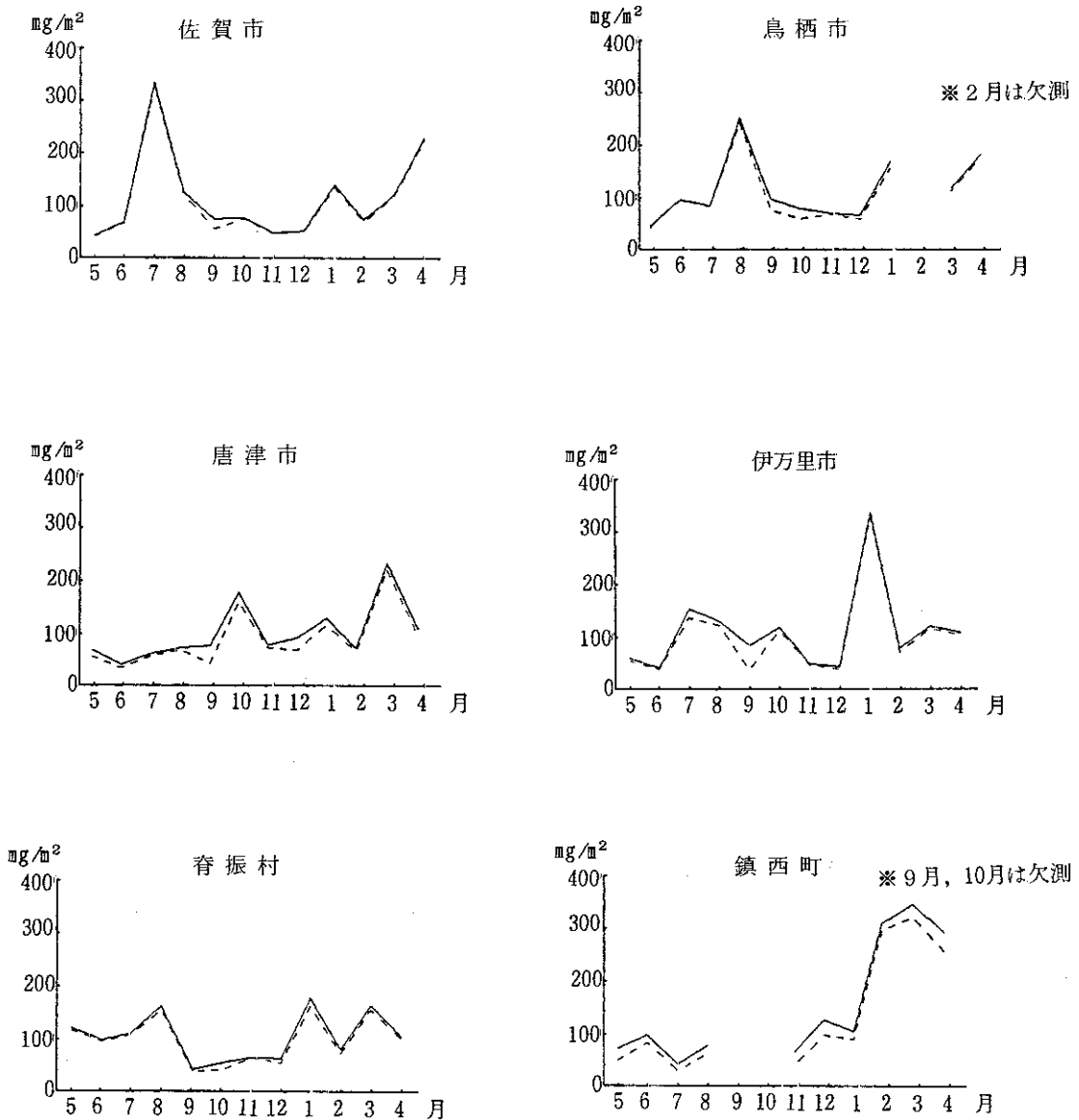


図-13 Ca^{2+} , Excess- Ca^{2+} (点線)の月別降下量

(4) 水素イオンとナトリウムイオンの降下量の比

図14に Cl^-/Na^+ の月別変化を示した。図14から5月～6月にかけて海水の組成比1.80より高い地点がみられたものの、年間を通してほぼ海水の組成比と一致していた。

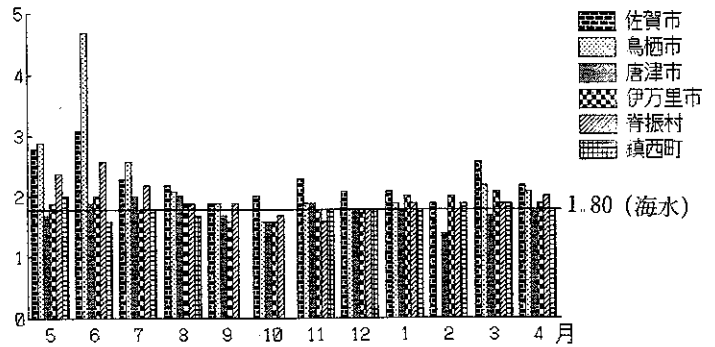


図-14 Cl^-/Na^+

(5) 地点別年間水溶性降下物量

昭和61年度に引き続き鎮西町が最も多く $25.3g/m^2$ 年、次いで唐津市の $19.3g/m^2$ 年、鳥栖市の $18.7g/m^2$ 年と続いた。(図15)

海塩粒子寄与量を除いた年間水溶性降下物量(図16)を図15と比較すると、海塩粒子の影響を強く受けていると推定されるのは鎮西町と唐津市で、影響が少なかったのは佐賀市と鳥栖市であった。

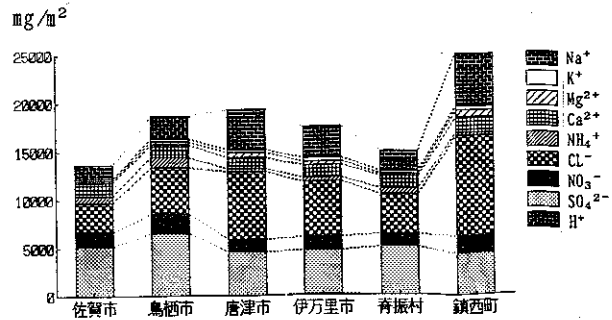


図-15 年間水溶性降下物量

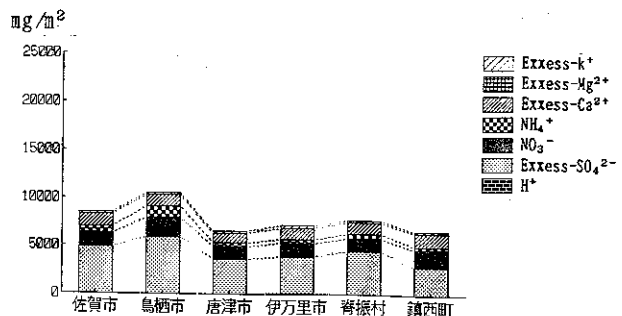


図-16 年間水溶性降下物量
(海塩粒子寄与量を除く)

(6) 各種イオンの全地点平均降下量(表4)

SO_4^{2-} の全地点平均降下量は、昭和61、62年度とも環境庁が実施した全国調査結果($1.40\sim 4.14g/m^2$ 年)と比較して少し高めであった。また、 Cl^- 、 Na^+ の降下量についても高めであった。本県においては降水量が全国レベルよりも多かったことも一因と思われる。

NO₃⁻の降下量は、全国調査結果(0.64~3.04g/m²年)のほぼ中間くらいに位置していた。

全イオン降下量は、Cl⁻>SO₄²⁻>Na⁺>NO₃⁻>Ca²⁺>NH₄⁺>Mg²⁺>K⁺>H⁺の順で多かった。

全国調査結果では、大部分の地域でSO₄²⁻>Cl⁻>NO₃⁻>Na⁺又はCa²⁺の順となっていた。

ただし北海道と長崎市では、本県と同じようにCl⁻>SO₄²⁻>Na⁺の順であった。

表4 各種イオン全地点平均降下量

	降水量	H ⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
61年度	2,110	53.0	4.53	2.21	5.99	0.46	1.25	0.46	0.34	3.44
62年度	2,240	75.9	5.04	1.55	5.82	0.59	1.34	0.40	0.30	3.11

単位：各成分g/m²年，但しH⁺はmg/m²年
降水量mm/年

4 まとめ

昭和62年度の調査結果をまとめると以下のとおりである。

(1) 降水量と降下量との関係

降水量と最も相関の高い成分はSO₄²⁻であった。そのほかH⁺、NO₃⁻、NH₄⁺、Ca²⁺、K⁺との間に相関のみられた地点があった。

鳥栖市は降水量とSO₄²⁻、NO₃⁻降下量との一次回帰式の回帰係数から、同程度の降水量に対し、6地点中最もSO₄²⁻、NO₃⁻降下量が多かった。

一般に降水量の増加に伴い降下量が増加する傾向がみられたが、Cl⁻、Mg²⁺、Na⁺については降水量と降下量との間に相関はみられなかった。

(2) 水素イオンの降下量

伊万里市が最も多く104mg/m²年であった。逆に最も少ないのは、61年同様鎮西町であった。

季節別にみると概ね5月~7月が多く、10月~2月に少なかった。

(3) 硫酸イオン、硫酸イオンの降下量

SO₄²⁻における海塩粒子寄与率は、昭和61年同様海岸に近い地域で大きく、Excess-SO₄²⁻は、工場・事業所の集中する鳥栖市で5.9g/m²と6地点中最も多かった。NO₃⁻は、あまり地域差はみられなかった。

季節変化では、SO₄²⁻、NO₃⁻とも降水量の変化と概ね対応し、7月~8月および3月~4月にかけて降下量が多い傾向がみられた。

(4) 硝酸イオンと硫酸イオンの降下量の比

鎮西町で0.41, 他の地点では0.26~0.32の範囲であった。(年間値)

当量比は地点間のばらつきも少なく, 季節ごとの変動パターンも類似していた。

(5) アンモニウムイオンの降下量

61年度同様, 鳥栖市が最も多かった。季節別では8月にピークをもつ地点がある以外大きな変化はなかった。

(6) カルシウムイオンの降下量

海塩粒子寄与率は, Ca^{2+} 同様海岸地域で高かった。

Excess- Ca^{2+} の降下量は地域間にあまり差はなかった。

季節別にみると, 鎮西町を除いては, 概して7月~8月と1月~4月にかけて多い傾向がみられた。鎮西町では昭和61年度と同様, 2月~4月にかけて降下量が最も多く, 年間降下量の62%を占めていた。

(7) 塩素イオンとナトリウムイオンの降下量の比は, 年間を通じてほぼ海水の組成比と同じくらいであった。

(8) 地点別年間降下物量

鎮西町が最も多いが, 海塩由来分を除くと他地点と同程度の降下量であった。

(9) 各種イオン全地点平均降下量

SO_4^{2-} の全地点平均降下量は, 昭和61, 62年度とも全国レベルより少し高めてあった。また, NO_3^- については, 全国と同レベルであった。

5 おわりに

本調査は酸性雨の実態を把握するために水溶性成分の降下量調査を行っているが, 2年程度の調査では十分であるとはいえない。

酸性雨は大気汚染物質の長距離輸送に伴う広域的な汚染現象の一つであることから, 今後とも, 気象データ, $\text{NO}_x \cdot \text{SO}_x$ 自動測定器のデータなどとの関係も考慮しながら, 酸性雨の成因や, その影響などについて調査を続ける必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 酸性雨対策調査中間報告書: 環境庁酸性雨対策検討大気分科会(昭和62年3月)