

## 「調査研究事業報告」

## 10 鳥取県における降水成分調査について

## 【大気騒音科】

朝倉 学・田中 卓実  
中村 仁志・田中 長義

## 1 はじめに

大気汚染に起因する酸性雨現象は、土壌や湖沼の酸性化を引き起こし、森林の衰退や水棲生物の死滅等、地球的規模で懸念される環境被害の一因となっている。これら影響を的確に把握し、汚染対策を施す基礎資料を得るため、全国的に降水のモニタリング調査が実施されている。

当所においては、昭和62年度から継続して県内4地点で調査を実施しているが、平成6年度からは新たに山岳部においてバックグラウンド的な調査を開始しており、今回、当該地点と他の調査地点との比較を中心に平成6年度の調査結果をまとめたので報告する。

## 2 調査地点及び調査方法

調査地点を図1に示す。このうち③の郡家町については、過去のデータが鳥取市と類似していること等の理由から平成5年度までで調査を中止し、平成6年度からは、都市型大気汚染の直接的影響が少ないと判断される②若桜町氷ノ山スキー場において調査を開始している。



図1 調査地点図

試料の採取は、若桜町では降雪採取用ヒーター付きの環境庁仕様酸性雨ろ過式採取装置を用いて、その他の地点については環境庁仕様酸性雨ろ過式採取装置並びに降雪採取装置を併用して実施しており、調査方法は酸性雨等調査マニュアル（環境庁）に準拠して試料の分析を行った。

なお、試料の採取期間は鳥取市で1週間、若桜町で2週間、倉吉市、米子市で半月単位の水溶性成分を採取しており、不溶性成分については、4地点とも1カ月単位で試料の採取を行っている。調査項目及び測定方法を表1に示す。

表1 調査項目及び測定方法

区分	調査項目	測定方法
水溶性成分	pH	ガラス電極法
	EC	導電率法
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	イオンクロマトグラフ法
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	イオンクロマトグラフ法
	Cl <sup>-</sup>	イオンクロマトグラフ法
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	イオンクロマトグラフ法又はインドフェノール法
	Ca <sup>2+</sup>	イオンクロマトグラフ法又は原子吸光法
不溶性成分	Mg <sup>2+</sup>	イオンクロマトグラフ法又は原子吸光法
	K <sup>+</sup>	イオンクロマトグラフ法又は炎光光度法
	Na <sup>+</sup>	イオンクロマトグラフ法又は炎光光度法
	降水物量	重量法
	Ca <sup>2+</sup>	原子吸光法
	Mg <sup>2+</sup>	原子吸光法
	K <sup>+</sup>	炎光光度法
Na <sup>+</sup>	炎光光度法	

## 3 調査結果及び考察

平成6年度に採取した降水成分等の分析結果を表2-1及び表2-2に示す。なお、水溶性成分分析結果の年平均値については、各調査地点とも1カ月データの加重平均値である。

表 2-1 水溶性成分分析結果

採取場所	採取年	採取月	降水量 mm	pH	EC μs/cm	SO <sub>4</sub> μg/ml	NO <sub>3</sub> μg/ml	Cl μg/ml	NH <sub>4</sub> μg/ml	Ca μg/ml	Mg μg/ml	K μg/ml	Na μg/ml	nss-SO <sub>4</sub> μg/ml	nss-Ca μg/ml
鳥取市	94-4	63.4	4.72	42.5	5.82	4.25	3.77	1.14	1.75	0.37	0.22	2.13	5.29	1.67	
	94-5	116.7	5.64	14.9	1.71	1.20	1.73	0.29	0.74	0.16	0.09	0.96	1.47	0.70	
	94-6	46.3	4.57	32.3	3.41	2.18	2.74	0.77	0.48	0.26	0.12	1.58	3.01	0.42	
	94-7	49.9	5.22	7.9	0.91	0.78	0.42	0.21	0.24	0.04	0.08	0.17	0.87	0.23	
	94-8	35.3	4.68	30.0	1.83	1.53	4.28	0.10	0.82	0.32	0.15	2.51	1.20	0.72	
	94-9	296.0	4.56	31.9	2.25	1.10	3.58	0.32	0.17	0.27	0.11	2.11	1.72	0.09	
	94-10	87.1	4.81	34.6	2.16	0.95	5.86	0.24	0.42	0.42	0.15	3.18	1.36	0.30	
	94-11	143.7	4.52	45.9	3.42	1.53	6.50	0.52	0.42	0.47	0.19	3.63	2.51	0.28	
	94-12	221.4	4.34	87.1	5.59	1.97	15.14	0.66	0.65	1.05	0.38	8.43	3.47	0.33	
	95-1	676.5	4.32	85.6	5.26	2.12	13.93	0.74	0.77	0.93	0.36	7.51	3.37	0.48	
	95-2	410.1	4.29	93.2	6.11	2.05	14.58	1.02	0.71	0.98	0.39	7.93	4.12	0.41	
	95-3	106.5	4.81	75.4	6.00	2.39	13.64	0.76	1.50	1.01	0.42	7.42	4.14	1.22	
		最高値	676.5	5.64	93.2	6.11	4.25	15.14	1.14	1.75	1.05	0.42	8.43	5.29	1.67
	最低値	35.3	4.29	7.9	0.91	0.78	0.42	0.10	0.17	0.04	0.08	0.17	0.87	0.09	
	平均値	187.7	4.43	66.5	4.49	1.86	10.41	0.66	0.68	0.72	0.29	5.69	3.06	0.46	
若桜町	94-4	90.5	4.75	14.5	1.49	1.25	0.70	0.22	0.34	0.11	0.06	0.34	1.40	0.33	
	94-5	113.4	5.80	14.1	2.57	1.16	0.50	0.65	0.88	0.11	0.12	0.25	2.51	0.87	
	94-6	216.1	4.82	10.1	0.87	0.63	0.38	0.13	0.13	0.04	0.02	0.18	0.82	0.12	
	94-7	7.4	4.02	58.1	6.57	4.16	1.18	1.17	0.62	0.13	0.32	0.61	6.42	0.60	
	94-8	144.6	4.44	23.1	2.17	0.99	1.11	0.31	0.08	0.09	0.05	0.61	2.02	0.06	
	94-9	121.3	4.56	22.5	2.31	1.42	0.87	0.57	0.13	0.08	0.13	0.43	2.20	0.11	
	94-10	308.9	5.07	7.1	0.45	0.32	0.58	0.05	0.04	0.04	0.02	0.30	0.37	0.03	
	94-11	102.3	4.66	32.5	2.56	1.22	4.32	0.32	0.32	0.32	0.16	2.46	1.94	0.23	
	94-12	170.6	4.52	42.4	3.25	1.19	5.74	0.29	0.27	0.43	0.17	3.38	2.40	0.14	
	95-1	352.0	4.74	23.1	1.60	0.75	2.91	0.17	0.14	0.20	0.09	1.74	1.16	0.07	
	95-2	170.3	4.50	41.8	3.04	1.39	5.19	0.35	0.25	0.39	0.18	2.97	2.29	0.14	
	95-3	139.9	4.71	36.3	3.21	1.09	4.89	0.30	0.64	0.41	0.17	2.80	2.51	0.53	
		最高値	352.0	5.80	58.1	6.57	4.16	5.74	1.17	0.88	0.43	0.32	3.38	6.42	0.87
	最低値	7.4	4.02	7.1	0.45	0.32	0.38	0.05	0.04	0.04	0.02	0.18	0.37	0.03	
	平均値	158.9	4.70	23.1	1.93	0.93	2.43	0.26	0.24	0.19	0.10	1.39	1.58	0.19	
倉吉市	94-4	47.2	4.78	37.4	4.60	3.09	4.05	0.71	1.53	0.35	0.18	2.24	4.04	1.44	
	94-5	88.9	5.56	12.3	1.43	1.09	1.14	0.33	0.53	0.13	0.09	0.59	1.28	0.51	
	94-6	86.0	5.16	15.1	1.64	1.39	1.28	0.47	0.53	0.12	0.07	0.59	1.49	0.51	
	94-7	21.8	5.26	21.7	2.66	3.33	1.14	0.69	1.40	0.12	0.37	0.50	2.53	1.38	
	94-8	49.2	5.35	21.2	1.10	0.83	3.48	0.47	0.31	0.20	0.13	1.98	0.60	0.23	
	94-9	299.4	5.19	19.9	1.19	0.58	3.08	0.26	0.23	0.24	0.10	1.86	0.72	0.16	
	94-10	118.8	5.30	30.9	1.92	0.74	3.96	0.33	0.26	0.40	0.18	2.76	1.23	0.16	
	94-11	107.5	4.69	53.9	1.73	9.08	0.56	0.61	0.68	0.26	5.12	5.02	0.47	0.49	
	94-12	74.9	4.59	69.9	5.22	1.96	12.02	0.90	0.72	0.86	0.34	6.67	3.55	0.47	
	95-1	467.7	4.43	57.6	3.78	1.34	8.69	0.70	0.43	0.53	0.23	4.39	2.68	0.26	
	95-2	524.7	4.37	73.0	5.77	2.45	10.01	1.52	0.57	0.62	0.31	5.09	4.49	0.38	
	95-3	81.7	5.01	75.0	5.64	2.17	14.58	0.66	1.38	1.07	0.41	8.12	3.60	1.07	
		最高値	524.7	5.56	75.0	5.77	9.08	14.58	1.52	1.53	1.07	5.12	8.12	4.49	1.44
	最低値	21.8	4.37	12.3	1.10	0.58	0.56	0.26	0.23	0.12	0.07	0.50	0.47	0.16	
	平均値	164.0	4.60	49.6	3.56	2.01	6.84	0.80	0.53	0.47	0.49	3.88	2.59	0.39	
米子市	94-4	69.0	4.69	33.3	3.67	2.44	3.26	0.59	0.93	0.29	0.13	1.86	3.20	0.86	
	94-5	95.9	5.70	11.9	1.51	1.18	1.00	0.17	0.81	0.13	0.06	0.51	1.38	0.79	
	94-6	134.0	4.87	16.6	1.66	1.12	1.43	0.42	0.27	0.10	0.05	0.74	1.47	0.24	
	94-7	0.5	4.12	82.4	5.74	6.46	9.09	0.39	2.90	0.53	3.65	3.53	4.85	2.77	
	94-8	45.1	6.52	43.0	2.72	1.49	5.73	2.08	0.75	0.36	0.48	2.70	2.04	0.65	
	94-9	361.4	4.81	25.1	1.66	0.76	3.07	0.24	0.18	0.28	0.09	2.07	1.14	0.10	
	94-10	135.7	4.89	30.3	2.01	0.87	5.13	0.24	0.28	0.40	0.12	2.90	1.28	0.17	
	94-11	52.3	4.62	99.1	6.97	2.74	19.55	0.88	1.36	1.40	0.50	10.91	4.23	0.95	
	94-12	144.5	4.45	77.0	5.26	2.15	13.01	0.77	0.66	0.96	0.32	7.29	3.43	0.38	
	95-1	387.4	4.50	88.5	6.06	2.61	15.50	0.86	1.59	1.04	0.38	8.08	4.03	1.28	
	95-2	348.7	4.32	76.1	6.07	2.44	10.52	1.11	0.77	0.71	0.31	5.62	4.66	0.56	
	95-3	72.4	5.22	108.3	8.45	3.56	21.47	1.11	2.07	1.57	0.61	12.09	5.42	1.61	
		最高値	387.4	6.52	108.3	8.45	6.46	21.47	2.08	2.90	1.57	3.65	12.09	5.42	2.77
	最低値	0.5	4.12	11.9	1.51	0.76	1.00	0.17	0.18	0.10	0.05	0.51	1.14	0.10	
	平均値	153.9	4.60	57.3	4.23	1.88	9.05	0.70	0.82	0.65	0.25	4.94	2.99	0.63	

(注) 1 nss-SO<sub>4</sub>: 非海洋由来硫酸イオン、nss-Ca: 非海洋由来カルシウムイオン  
 2 鳥取市については1週間分の降水成分データ、若桜町については2週間分の降水成分データ、倉吉市及び米子市については半月分の降水成分データを、それぞれ加重平均により1カ月データとしている。

表 2-2 不溶性成分分析結果

採取場所	採取年月	採取日数	dust ng/月	Ca μg/ml	Mg μg/ml	K μg/ml	Na μg/ml
鳥 取 市	94-4	35	79.76	13.92	29.53	12.51	0.82
	94-5	28	58.11	8.03	15.53	7.92	0.60
	94-6	28	14.56	4.57	3.67	1.33	0.18
	94-7	35	12.92	3.77	3.00	1.15	0.21
	94-8	28	35.33	6.96	7.05	4.19	0.52
	94-9	35	24.31	2.66	5.19	1.92	0.48
	94-10	29	22.44	2.79	4.19	1.48	0.47
	94-11	27	26.23	2.66	6.43	3.60	0.66
	94-12	37	28.83	2.66	7.00	4.19	0.54
	95-1	26	38.04	5.83	12.10	7.63	0.51
	95-2	28	23.89	1.45	5.81	3.65	0.49
	95-3	34	76.51	5.18	16.29	8.02	1.20
	最 最 平 合	高 低 均 計	値 値 値 値	79.76 12.92 36.74 440.93	13.92 1.45 5.04 60.48	29.53 3.00 9.65 115.79	12.51 1.15 4.80 57.59
若 桜 町	94-4	28	61.48	11.34	25.72	12.65	0.99
	94-5	28	16.89	2.54	5.86	3.74	0.32
	94-6	42	5.36	1.74	1.18	0.67	0.11
	94-7	28	2.50	0.27	0.37	0.25	0.00
	94-8	28	7.76	0.76	1.02	0.50	0.10
	94-9	28	16.43	0.70	1.69	1.13	0.15
	94-10	28	6.43	0.56	1.12	0.72	0.28
	94-11	42	11.02	0.87	1.80	1.35	0.45
	94-12	31	9.84	0.58	1.69	1.34	0.49
	95-1	26	16.63	0.49	4.91	1.92	0.26
	95-2	27	12.81	0.43	1.79	1.50	0.51
	95-3	28	26.85	3.22	8.00	4.63	0.54
	最 最 平 合	高 低 均 計	値 値 値 値	61.48 2.50 16.17 194.00	11.34 0.27 1.96 23.50	25.72 0.37 4.60 55.15	12.65 0.25 2.53 30.40
倉 吉 市	94-4	28	31.07	8.00	7.86	4.88	0.53
	94-5	30	23.13	4.69	7.62	4.93	0.47
	94-6	28	7.71	0.81	1.26	0.85	0.20
	94-7	34	9.56	1.48	1.02	0.47	0.00
	94-8	30	15.85	1.59	1.70	0.96	0.36
	94-9	32	18.95	1.28	1.72	1.21	0.21
	94-10	30	21.37	2.05	2.01	1.42	0.79
	94-11	29	21.72	1.13	6.67	3.55	0.32
	94-12	35	4.73	0.39	1.08	0.66	0.13
	95-1	27	23.22	1.62	5.96	4.08	1.13
	95-2	28	20.79	1.31	4.29	1.88	0.60
	95-3	33	34.15	1.21	8.52	4.38	0.74
	最 最 平 合	高 低 均 計	値 値 値 値	34.15 4.73 19.35 232.25	8.00 0.39 2.13 25.56	8.52 1.02 4.14 49.71	4.93 0.47 2.44 29.27
米 子 市	94-4	28	45.86	7.30	13.33	7.83	0.82
	94-5	30	52.84	9.63	15.72	8.51	0.97
	94-6	28	20.60	1.62	4.52	1.59	0.42
	94-7	33	0.55	0.40	0.09	0.06	0.00
	94-8	30	37.74	5.06	7.52	5.02	0.62
	94-9	33	28.01	3.95	5.14	1.99	0.26
	94-10	29	18.97	2.73	4.38	1.40	0.76
	94-11	29	20.70	3.03	6.10	1.95	0.67
	94-12	36	26.33	3.46	8.38	5.17	0.74
	95-1	27	32.12	3.52	7.00	4.14	0.68
	95-2	28	32.66	5.49	7.91	4.63	0.69
	95-3	33	55.50	8.03	16.10	7.43	0.96
	最 最 平 合	高 低 均 計	値 値 値 値	55.50 0.55 30.99 371.88	9.63 0.40 4.52 54.22	16.10 0.09 8.02 96.19	8.51 0.06 4.14 49.72

### (1) 降水量

各調査地点の月間降水量の推移を図2に示す。経月変化は若桜町がやや異なった傾向を示すものの4地点ともおおむね類似しており、夏季の降雨が極めて少なく、冬季の降水量が多くなっている。鳥取地方気象台監修鳥取県気象月報の天気概況によると、県東部では、平年と比較して4、6、7月の降水量が少なく、1月の降水量が多めであり、県西部においては、7、11月の降水量が少なく、9月の降水量が多めの傾向であった。平成6年度の気象全般としては、夏季の記録的な高温と小雨が特徴的であり、特に7月については平年比3%程度の降水量であった。

なお、冬季の降水量について採取装置の違いによる降雪捕集能力等の検討を行うため、1、2月における各調査地点の降水量と気象月報の降水量を比較したところ、ヒーター付採取装置を用いた若桜町ではほぼ同程度の値となっていたのに対し、主に降雪採取装置を用いて試料採取を行った他の3地点では気象月報の値に比べ1.6~4.7倍の降水量となっていた。よって、降雪採取装置を用いた試料の採取では、装置の口径等、構造上の相違点から降水量が高めになることが示唆された。

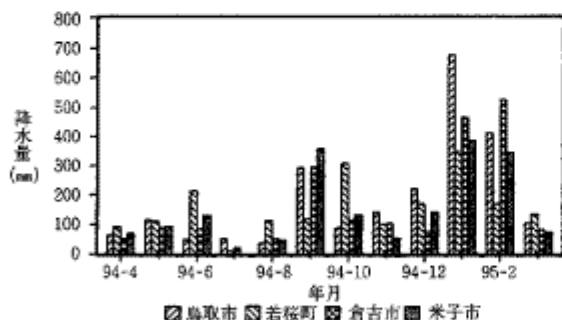


図2 地点別月間降水量の推移

### (2) pH

pHの調査地点別経月変化を図3に示す。夏季を除く経月変化は4地点とも同様の傾向を示し、5月を中心に春季に高く、冬季の11~2月にやや低くなっている。なお、米子市の8月のpHが著しく高くなっているが、原因は不明である。

表3に過去5年間の調査地点別年平均値を示す。年度により若干の差はあるが、おおむね同程度の値で推移している。

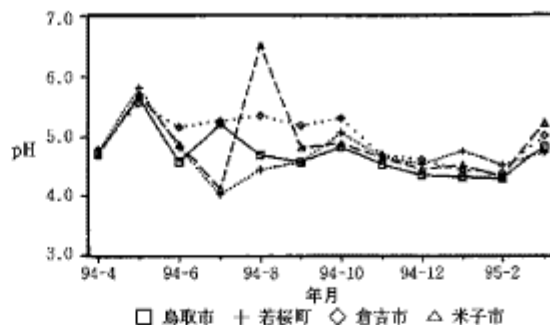


図3 pHの経月変化

表3 pHの地点別年平均値の推移

	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6
①鳥取市	4.72	4.57	4.53	4.70	4.43
②若桜町	—	—	—	—	4.70
③郡家町	4.75	4.65	4.73	4.81	—
④倉吉市	4.89	4.62	4.68	4.88	4.60
⑤米子市	4.84	4.66	4.63	4.83	4.60

### (3) EC

ECの調査地点別経月変化を図4に示す。ECは降水中の全溶存イオン量の程度を表す値であり、測定を行った8イオン成分の当量濃度と極限当量イオン電導度より算出することができ、計算値と実測値はおおむね適正な相関を示した。なお、例年であれば5~8月のECは低めの傾向を示すが、平成6年度については、若桜町と米子市の7月の値が非常に高くなっており、原因として、降水量が少なかった(若桜町7.4mm、米子市0.5mm)ことにより大気中の汚染物質等が高濃度に吸収されたものと推察された。

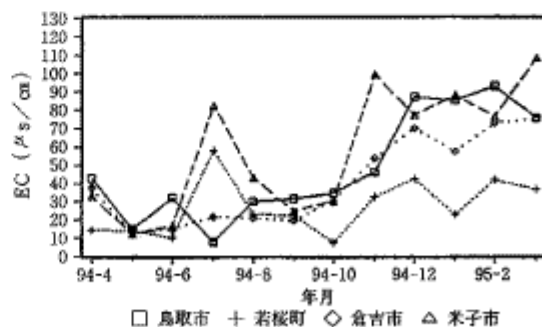


図4 ECの経月変化

### (4) 主要降水成分

#### ア 海洋由来成分

主に海洋由来と推定されるイオンとしてCl<sup>-</sup>、

Mg<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>があり、これら3成分は同様の経月変化を示す。

日本海側に位置する鳥取県では、例年季節風の影響から冬季に高濃度となる傾向にあり、一例として図5にNa<sup>+</sup>の調査地点別経月変化を示した。図5をみると、若桜町のNa<sup>+</sup>濃度が他の調査地点に比べ著しく低くなっており、又、Cl<sup>-</sup>、Mg<sup>2+</sup>も同様に冬季を中心に濃度差が大きくなっていった。このことは、若桜町の調査地点が海岸から約30kmと離れており、さらに、標高が約770mと高く、山岳地帯に位置する等の条件から、北風を中心とした冬季季節風の影響を受けにくく、海洋由来のイオン成分濃度が低くなったものと判断された。

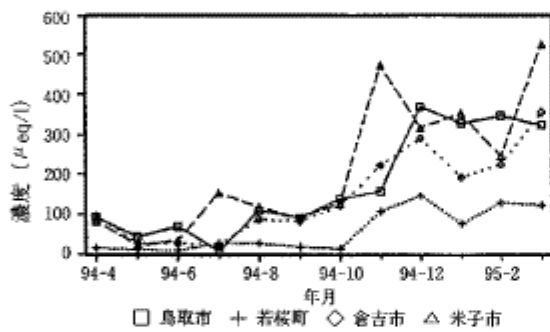


図5 Na<sup>+</sup>の経月変化

イ 非海洋由来成分

主に人為発生源と考えられる非海洋由来成分 nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、nss-Ca<sup>2+</sup>の調査地点別年平均濃度を図6に、調査地点別経月変化を図7に示した。

酸性雨現象の指標となるpHはアニオンとカチオンのバランスにより決定する。図6をみると、各調査地点とも非海洋由来成分のうちnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>がpHの変動に最も寄与していることが窺える。

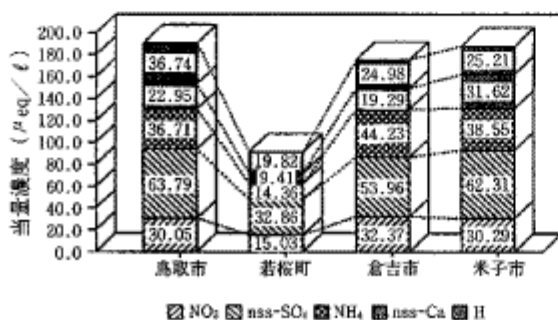


図6 非海洋由来成分の地点別年平均濃度

また、図6、図7から、若桜町における非海洋由来成分濃度が、他の調査地点に比べ著しく低く、特に10～3月の間は低濃度で推移していることが判明した。さらに、他の3地点の非海洋由来成分濃度がおおむね同程度の値であることを考慮すれば、若桜町のデータは県内の降水成分全般を把握する上でのバックグラウンドデータと考えられる。

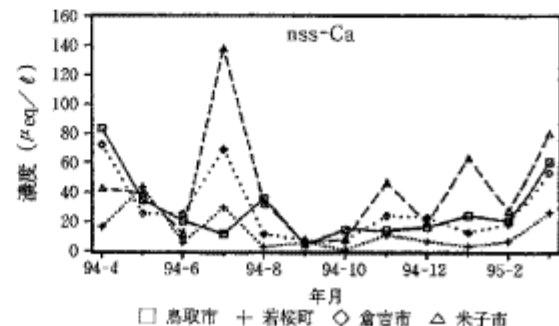
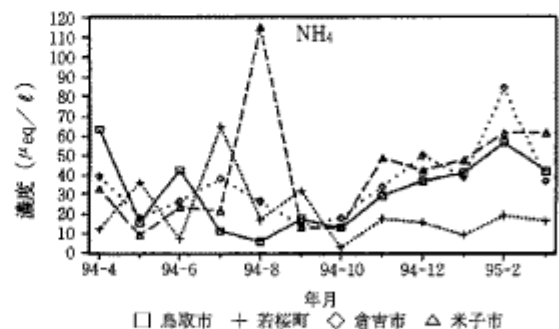
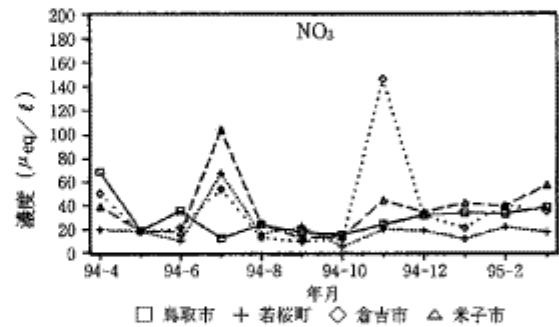
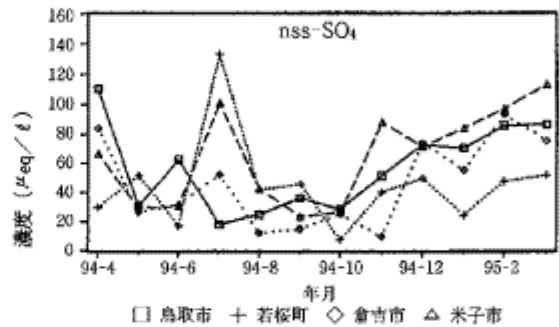


図7 非海洋由来成分の経月変化

若桜町の非海洋由来成分が冬季を含め全般に低くなっていることは、他の調査地点が平野部に位置するのに対し、当該調査地点が山岳部にある等の地理的条件並びに気象条件から都市型大気汚染の直接的影響が少なく、さらに、海洋由来成分濃度も低いことを考えると、季節風に伴う酸性雨原因物質の長距離輸送の影響も、他の調査地点に比べ少ないものと推定された。

#### (5) 不溶性成分

各調査地点の不溶性成分降下量を図8に示す。経月変化をみると、各地点ともおおむね6～12月の降下量が少なく、春季及び冬季に増加しており、降水量及び季節風の影響があるものと判断された。また、春先の降下量が多いことは黄砂現象の影響もあるものと推察された。

なお、不溶性成分についても4月を除き若桜町のデータが低い傾向にあり、又、測定を行った4成分(Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>)についても図9の面グラフに示すとおり、同様の経月変化で若桜町並びに倉吉市の降下量が少なくなっており、大気汚染の状況及び海岸からの距離等に比例して各イオン成分の濃度が低くなっているものと考えられた。

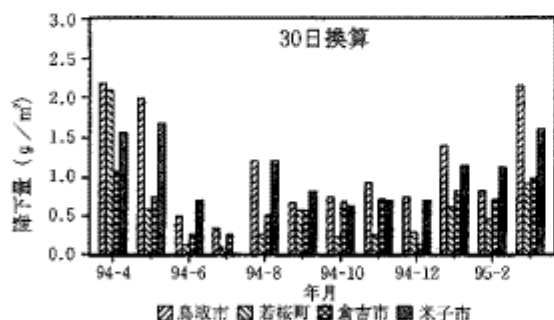


図8 不溶性成分降下量

#### 4 ま と め

- (1) 平成6年度の県内4地点の年平均pHは4.43～4.70であり、経年的にみるとほぼ横ばいの状況で、全国レベルと同程度の値であった。
- (2) 平成6年度から測定を開始した若桜町の調査結果から、山岳部の降水はおおむね各イオン成分の濃度が低く、人為発生源と推定される非海洋

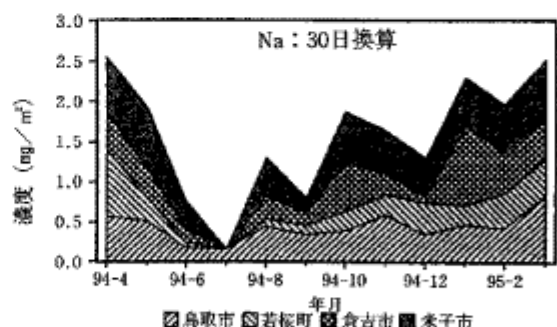
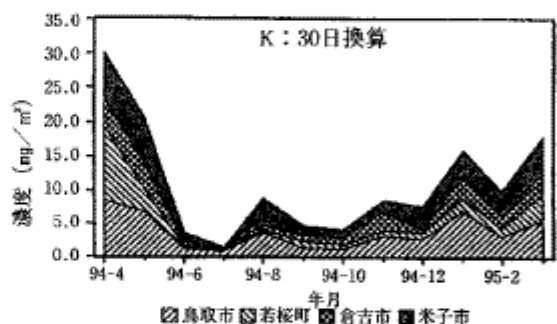
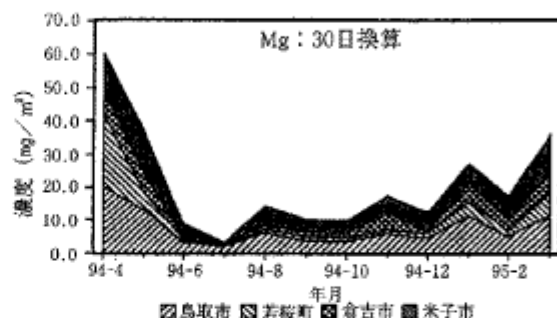
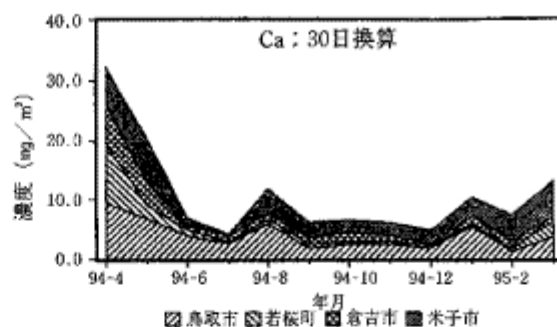


図9 不溶性成分濃度の経月変化

由来成分についても、都市部の約半分の濃度であることが判明した。

- (3) 試料採取装置の比較を行ったところ、冬季に使用する降雪採取装置では実際より多めの降水量となるのに対し、ヒーター付きのろ過式採取装置を用いた場合、おおむね適正な降水量が得られ、積雪地帯の試料採取に適当であると判断された。