

# Ⅶ 報 文

## 秋田県内の大気汚染マップ作成に関する調査研究（第2報）

成田 理 齊藤 学\*<sup>1</sup> 佐々木 誠\*<sup>2</sup>

### 1 はじめに

近年、環境問題に関する関心が高まっているなか、県内全体の大気環境濃度や居住する地域の大気環境濃度が、どの程度の状況になっているかを視覚的にわかりやすい方法で知りたいという要望が強くなってきている。さらに、リゾート開発等の各種開発事業を行うにあたり、適正な環境利用を図るための資料として、大気環境状況を単一の汚染項目のみならず総合的な環境指標で表現した全体図が必要となってくるものと考え。

そこで、県内全体の大気環境濃度を視覚的に把握するため、平成2年度から3年計画で既設の大気汚染常時監視測定局及び補完調査地点での測定データをもとに、大気汚染マップの作成に関する調査を行っている。

昨年度の第1報<sup>1)</sup>では、県内の中央地域である秋田市について、SO<sub>2</sub>及びNO<sub>2</sub>の濃度分布図を報告したが、今年度は、県内の県北地区に5カ所の補完調査地点を設け、自動測定機等による測定を行い、既設の大気汚染常時監視測定局のデータと併せて大気環境濃度調査を行ったので、その結果を報告する。

### 2 調査方法

#### 2.1 調査地点

調査地点は図1に示す既設の大気汚染常時

監視測定局11局と補完調査地点5地点で、その概要は表1のとおりである。

補完調査地点Aは、近くに自動車排出ガス測定局が設置されているが一般環境大気測定局がなく、その地域での環境濃度を把握するため、また、C、D地点も地域内に一般環境大気測定局がなく、海岸部と内陸部の中間濃度を把握するため設置した。さらにB、E地点は一般環境大気測定局であるが、B地点は常時監視されていない項目の環境濃度及び浮遊粒子状物質の成分濃度を把握するため、E地点は浮遊粒子状物質の成分濃度を把握するためにそれぞれ設置した。

#### 2.2 調査時期

調査時期は、既設測定局が平成3年度の通年調査。補完調査地点は、B地点のオキシダントが平成3年5月から4年4月までの1年間、その他の項目は季節毎に年4回実施し、1回の調査期間は概ね15日間で次のとおりである。

春季 平成3年5月16日～5月30日

夏季 平成3年7月31日～8月16日

秋季 平成3年10月16日～10月30日

冬季 平成4年2月4日～2月19日

#### 2.3 調査項目及び測定方法

補完調査地点での調査項目は、二酸化硫黄、浮遊粉じん、窒素酸化物、オキシダント、浮

\* 1 現能代保健所

\* 2 現環境保全課



図1 調査地点

表1 調査地点の概要

	地点番号	局名及び地点名	調査地点概要		測定項目
			市町名	測定地点	
補完地点	A	鹿角	鹿角市	鹿角総合庁舎	SO <sub>2</sub> , SP, NO <sub>x</sub> , 成分濃度
	B	大館局	大館市	大館鳳鳴高校	NO <sub>x</sub> , O <sub>x</sub> , 成分濃度
	C	鷹巣	鷹巣町	鷹巣保健所	SO <sub>2</sub> , SP, NO <sub>x</sub> , 成分濃度
	D	阿仁	阿仁町	阿仁町役場	SO <sub>2</sub> , SP, NO <sub>x</sub> , 成分濃度
	E	能代東局	能代市	能代保健所	成分濃度
既定局	1	大館局	大館市	大館鳳鳴高校	SO <sub>2</sub> , SPM
	2	能代東局	能代市	能代保健所	SO <sub>2</sub> , SPM, NO <sub>x</sub>
	3	能代西局	〃	能代工業高校	SO <sub>2</sub> , SPM, NO <sub>x</sub> , O <sub>x</sub>
	4	浅内局	〃	浅内小学校	SO <sub>2</sub> , SPM, NO <sub>x</sub>
	5	桧山局	〃	桧山診療所	〃
	6	昭和局	昭和町	昭和町商工会館前	〃
	7	船川局	男鹿市	船川泉台	SO <sub>2</sub> , SPM, NO <sub>x</sub> , O <sub>x</sub>
	8	船越局	〃	船越支所	〃
	9	鹿角自排局	鹿角市	十和田公民館	NO <sub>x</sub> ,
	10	大館自排局	大館市	大館市立病院	〃
	11	能代自排局	能代市	能代市分庁舎	〃

表2 測定方法

調査項目	使用機器	測定方法及び分析項目
二酸化硫黄	紀本電子工業 M-316	溶液導電率法
浮遊粉じん	紀本電子工業 AP-362	光散乱法
窒素酸化物	電気化学計器 GPH-74M-1	吸光光度法
オキシダント	京都電子工業 OX-07	吸光光度法
浮遊粒子状物質	ローボリウムエアースンプラー	成分濃度(Fe, Mn, Na, Ca, Al, K, Zn, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )

遊粒子状物質の成分濃度の5項目で、各補完調査地点の調査項目は表1、項目毎の測定方法は表2のとおりである。

## 2.4 濃度分布図の作成方法

既設測定局の測定データは、中央地区については平成2年度、県北地区については平成3年度の大気汚染常時監視測定結果の年平均値を使用し、補完調査地点については各項目とも測定データの平均値を年平均値として使

用した。濃度分布図は得られた平均値を使用し、濃度データを補完するための方法としてはスプライン法による推定法<sup>2,3,4)</sup>を用いて作成した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 二酸化硫黄濃度

二酸化硫黄の測定結果を表3に示す。補完調査地点及び既設測定局とも、環境基準であ

表3 二酸化硫黄測定結果

	測定地点	有効測定日数	測定時間	平均値	1時間値が0.1ppmを超えた時間数	日平均値が0.04ppmを超えた日数	1時間値の最高値	日平均値の2%除外値
		日	時間	ppm	時間	日	ppm	ppm
補完地点	鹿角 春	13	335	0.005	0	0	0.017	
	〃 夏	15	368	0.002	0	0	0.010	
	〃 秋	13	338	0.002	0	0	0.005	
	〃 冬	14	366	0.004	0	0	0.024	
	年間値	55	1407	0.003	0	0	0.024	0.007
	鷹巣 春	15	373	0.005	0	0	0.020	
	〃 夏	13	328	0.003	0	0	0.009	
	〃 秋	13	335	0.004	0	0	0.015	
	〃 冬	15	382	0.004	0	0	0.014	
	年間値	56	1418	0.004	0	0	0.020	0.006
	阿仁 春	13	330	0.003	0	0	0.010	
	〃 夏	4	117	0.002	0	0	0.004	
	〃 秋	9	246	0.001	0	0	0.004	
	〃 冬	14	370	0.002	0	0	0.003	
	年間値	40	1063	0.002	0	0	0.010	0.004
既設測定局	大館	365	8757	0.003	0	0	0.024	0.006
	能代東	360	8636	0.003	0	0	0.017	0.005
	能代西	355	8594	0.003	0	0	0.023	0.006
	浅内	352	8468	0.003	0	0	0.017	0.005
	桧山	364	8742	0.003	0	0	0.013	0.005
	昭和	363	8734	0.003	0	0	0.035	0.007
	船川	366	8764	0.002	0	0	0.019	0.005
船越	363	8717	0.002	0	0	0.019	0.004	

る1時間値0.1ppmを越える濃度は観測されず、日平均値の2%除外値も0.004~0.007ppmの範囲にあり、環境基準の0.04ppmを大きく下回っている。

中央地区及び県北地区の二酸化硫黄の濃度分布図を図2に示す。秋田市内で茨島工業地帯を中心に年平均値0.005~0.013ppmの比較的高い濃度の地域がみられたが、県北地区では大規模工場が立地している工業地帯もなく、地域全体が年平均値で0.002~0.004ppmと低い濃度の清浄な地域となっている。

3.2 浮遊粉じん及び浮遊粒子状物質濃度  
補完調査地点の浮遊粉じんのF値換算濃度及び既設測定局の浮遊粒子状物質濃度を表4に示す。補完調査地点では、環境基準である1時間値0.2mg/m<sup>3</sup>を超える濃度は測定されず、日平均値の2%除外値も0.027~0.029mg/m<sup>3</sup>の範囲にあり、既設測定局の日平均値の2%除外値0.029~0.066mg/m<sup>3</sup>とともに環境基準0.1mg/m<sup>3</sup>を下回っている。

浮遊粒子状物質は、調査地点によって濃度に若干のばらつきが見られるが、全体的な傾向としては二酸化硫黄濃度の場合と同様に、平成2年度調査の秋田市内の一部で年平均値0.030~0.040mg/m<sup>3</sup>の比較的高い濃度の地域がみられたが、県北地区の調査では年平均値

で0.029mg/m<sup>3</sup>以下と全地域でこれより低い濃度が観測されており、地域全体が清浄な地域となっている。

### 3.3 窒素酸化物濃度

窒素酸化物の測定結果を表5に示す。補完調査地点での二酸化窒素は、日平均値の年間98%値が0.006~0.023ppmの範囲にあり、既設測定局とともに環境基準0.04~0.06ppmを下回っている。

中央地区及び県北地区の二酸化窒素の濃度分布図を図3に示す。秋田市内で国道7号線に沿った茨島、土崎地域に年平均値で0.013~0.021ppmと比較的高い濃度の地域がみられ、自動車の交通量の多い地域で高い濃度が測定された。県北地区の調査でも同様に自動車による影響がみられ、自動車排出ガス測定局では、年平均値が0.008~0.022ppm(日平均値の年間98%値は0.017~0.038ppm)となっており、比較的高い濃度が観測されたが、一般環境大気測定局では、年平均値0.003~0.009ppm(日平均値の年間98%値は0.006~0.023ppm)と低い濃度レベルになっており、自動車の影響がみられる一部の地域を除いて地域全体としては清浄な地域となっている。

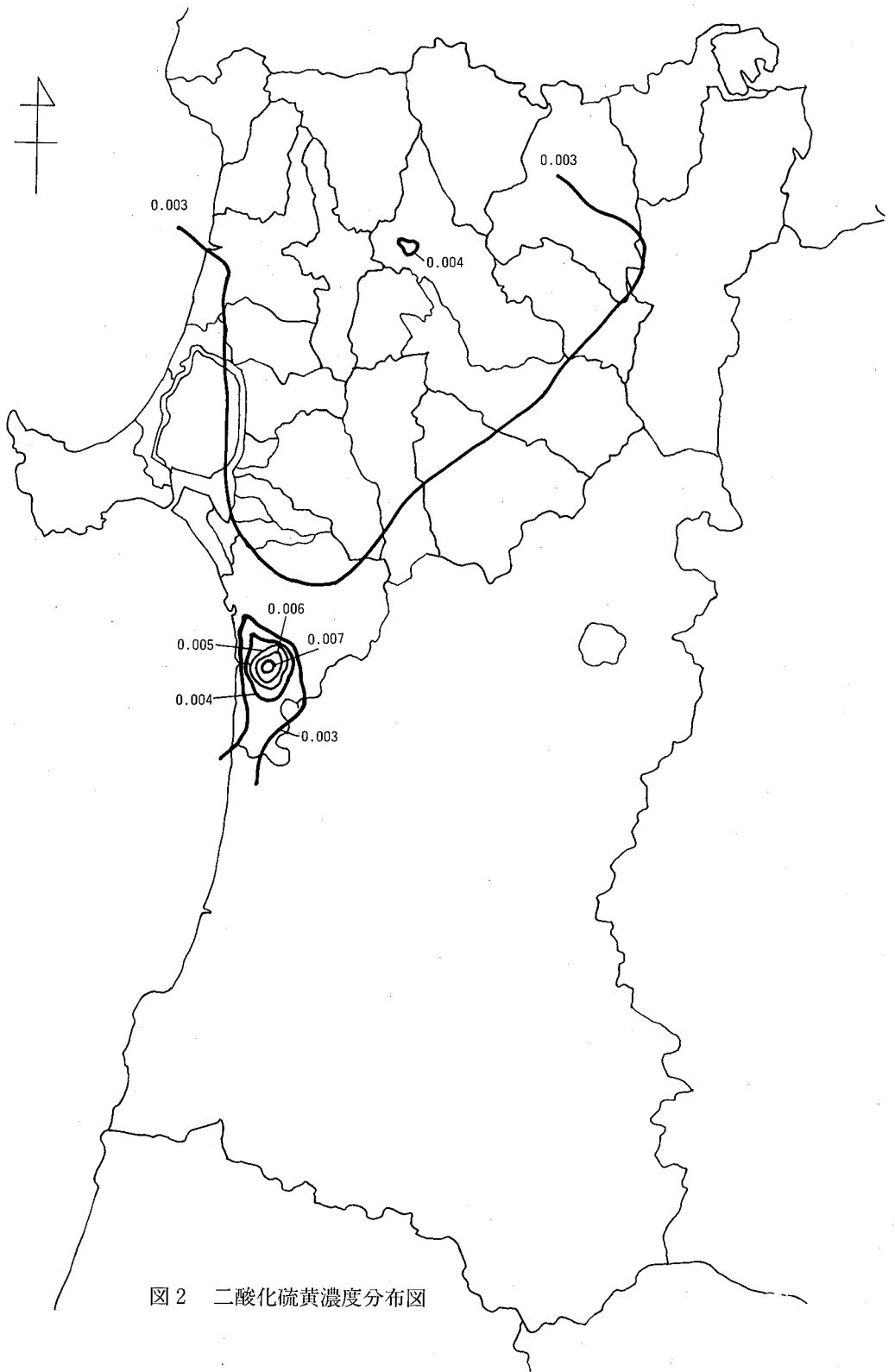


图 2 二酸化硫黄濃度分布図

表4 浮遊粒子状物質測定結果

	測定地点	有効測定日数	測定時間	平均値	1時間値が 0.2mg/m <sup>3</sup> を超えた時間数	日平均値が 0.1mg/m <sup>3</sup> を超えた日数	1時間値の 最高値	日平均値の2% 除外値
		日	時間	mg/m <sup>3</sup>	時間	日	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
補 完 地 点	鹿角 春	13	335	0.018	0	0	0.046	
	” 夏	9	244	0.013	0	0	0.046	
	” 秋	12	315	0.017	0	0	0.046	
	” 冬	14	365	0.019	0	0	0.047	
	年間値	48	1259	0.017	0	0	0.047	0.029
	鷹巣 春	15	377	0.018	0	0	0.048	
	” 夏	15	370	0.010	0	0	0.030	
	” 秋	13	334	0.020	0	0	0.092	
	” 冬	15	382	0.015	0	0	0.043	
	年間値	58	1463	0.015	0	0	0.092	0.027
	阿仁 春	13	331	0.018	0	0	0.070	
	” 夏	7	194	0.015	0	0	0.023	
	” 秋	9	254	0.014	0	0	0.066	
	” 冬	15	382	0.013	0	0	0.022	
	年間値	44	1161	0.015	0	0	0.070	0.027
既 設 測 定 局	大 館	326	7835	0.029	1	0	0.223	0.066
	能代東	366	8750	0.015	0	0	0.156	0.032
	能代西	357	8627	0.019	0	0	0.107	0.040
	浅 内	361	8662	0.013	0	0	0.138	0.029
	桧 山	132	3172	0.015	0	0	0.161	0.033
	昭 和	363	8725	0.016	0	0	0.141	0.035
	船 川	366	8737	0.015	0	0	0.169	0.034
船 越	343	8272	0.021	0	0	0.182	0.052	

※補完調査地点については、浮遊粉じん測定値のF値換算である

表5 窒素酸化物測定結果

	測定地点	一酸化窒素				二酸化窒素				窒素酸化物									
		有効測定日数	測定時間	平均値	1時間値の最高値	有効測定日数	測定時間	平均値	1時間値が0.2ppmを超えた時間数	日平均値が0.06ppmを超えた日数	1時間値の最高値	日平均値の年間98%値	有効測定日数	測定時間	平均値	1時間値の最高値	平均値NO <sub>2</sub> +NO <sub>x</sub>		
		日	時	分	ppm	ppm	日	時	分	ppm	時間	日	ppm	ppm	日	時	分	ppm	ppm
補完地点	鹿角	春	13	329	0.002	0.013	13	329	0.007	0	0	0.026		13	329	0.009	0.033		
	"	夏	11	270	0.004	0.035	11	270	0.007	0	0	0.020		11	270	0.011	0.052		
	"	秋	13	339	0.010	0.099	13	339	0.011	0	0	0.035		13	339	0.021	0.133		
	"	冬	10	296	0.003	0.028	10	296	0.011	0	0	0.042		10	296	0.014	0.069		
	"	年間値	47	1234	0.005	0.099	47	1234	0.009	0	0	0.042	0.018	47	1234	0.014	0.133		65.9
	大館	春	11	304	0.001	0.011	11	304	0.005	0	0	0.027		11	304	0.007	0.036		
	"	夏	14	354	0.001	0.007	14	354	0.003	0	0	0.016		14	354	0.005	0.023		
	"	秋	13	336	0.004	0.036	13	336	0.010	0	0	0.034		13	336	0.015	0.062		
	"	冬	14	345	0.003	0.024	14	345	0.013	0	0	0.042		14	345	0.016	0.057		
	"	年間値	52	1339	0.002	0.036	52	1339	0.008	0	0	0.042	0.023	52	1339	0.010	0.062		76.9
	鷹巣	春	13	329	0.003	0.020	13	329	0.006	0	0	0.028		13	329	0.008	0.048		
	"	夏	15	371	0.003	0.019	15	371	0.005	0	0	0.016		15	371	0.009	0.034		
"	秋	13	334	0.009	0.076	13	334	0.011	0	0	0.038		13	334	0.020	0.112			
"	冬	14	367	0.006	0.049	14	367	0.010	0	0	0.048		14	367	0.016	0.087			
"	年間値	55	1401	0.005	0.076	55	1401	0.008	0	0	0.048	0.019	55	1401	0.013	0.112		56.7	
阿仁	春	13	331	0.001	0.004	13	331	0.003	0	0	0.011		13	331	0.004	0.015			
"	夏	15	373	0.003	0.016	15	373	0.003	0	0	0.011		15	373	0.006	0.022			
"	秋	7	202	0.002	0.016	7	202	0.003	0	0	0.015		7	202	0.006	0.028			
"	冬	15	382	0.002	0.019	15	382	0.004	0	0	0.020		15	382	0.005	0.035			
"	年間値	50	1288	0.002	0.019	50	1288	0.003	0	0	0.020	0.006	50	1288	0.005	0.035		57.5	
既設測定局	能代東	352	8498	0.003	0.094	352	8498	0.007	0	0	0.066	0.014	352	8498	0.010	0.136		69.1	
	能代西	356	8605	0.001	0.084	356	8605	0.003	0	0	0.050	0.013	356	8605	0.004	0.129		74.6	
	浅内	320	7850	0.001	0.025	320	7850	0.002	0	0	0.026	0.006	320	7850	0.003	0.047		77.9	
	桧山	137	3325	0.001	0.046	137	3325	0.003	0	0	0.024	0.007	137	3325	0.004	0.065		72.3	
	昭和	359	8667	0.002	0.062	359	8667	0.003	0	0	0.030	0.008	359	8667	0.005	0.077		67.5	
	船川	357	8691	0.001	0.079	357	8691	0.003	0	0	0.061	0.009	357	8691	0.005	0.140		70.6	
	船越	360	8663	0.001	0.071	360	8663	0.004	0	0	0.036	0.010	360	8663	0.005	0.105		74.8	
	鹿角自排	353	8523	0.022	0.206	353	8523	0.013	0	0	0.074	0.026	353	8523	0.034	0.252		36.6	
	大館自排	362	8697	0.036	0.344	362	8697	0.022	0	0	0.081	0.038	362	8697	0.058	0.413		38.3	
	能代自排	365	8741	0.007	0.497	365	8741	0.008	0	0	0.075	0.017	365	8741	0.015	0.572		54.6	



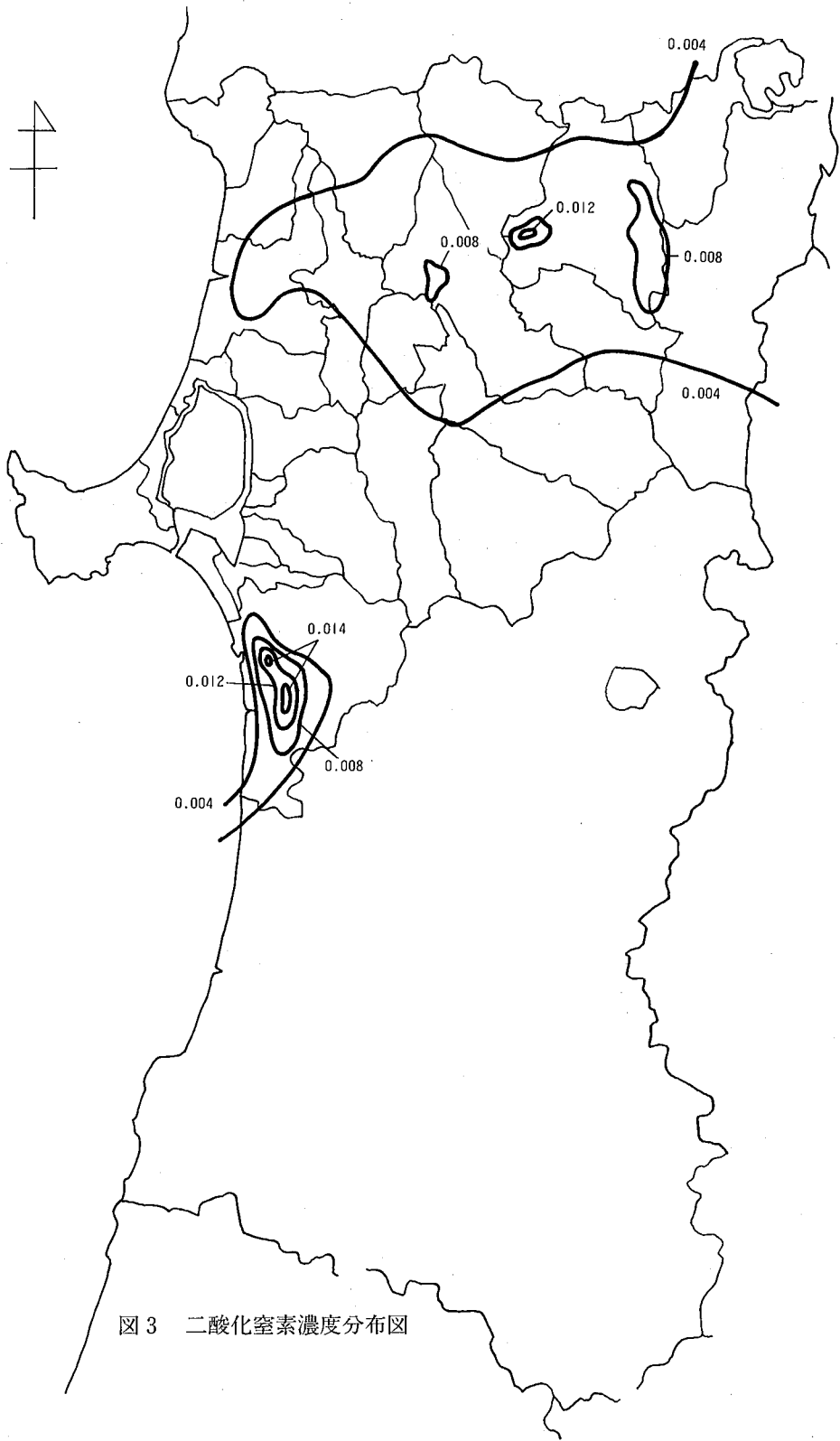


图3 二酸化窒素濃度分布图

### 3.4 オキシダント濃度

既設のオキシダント測定局が秋田市、男鹿市、能代市と海岸部に設置されているため、県北内陸部の大館市に補完調査地点を設け、内陸部では初めてオキシダントの調査を実施した。オキシダントの測定結果と補完調査地点の大館局での月間値測定結果を表6、7に、また、補完調査地点でのオキシダント経月変

化を図4に示す。

補完調査地点の大館局では、5月に1時間値の最高値0.074ppmが観測され、既設の測定局と同様に春先きに高い傾向を示した。また、昼間の1時間値の月平均値は、図4に示すように既設の測定局より低い濃度が観測された。

表6 オキシダント測定結果

(平成3年5月から平成4年4月までの調査結果)

測定地点	昼間測定日数	昼間測定時間	昼間の1時間値の年平均値	昼間の1時間値が0.06ppmを超えた日数と時間数		昼間の1時間値の最高値	昼間の日最高1時間値の年平均値
	日	時間	ppm	日数	時間	ppm	ppm
大館	259	3849	0.020	9	34	0.074	0.030
能代西	364	5079	0.032	29	189	0.097	0.040
船川	359	5314	0.038	39	223	0.100	0.047
船越	361	5318	0.037	31	193	0.092	0.046

※大館が平成3年度の補完調査地点

表7 オキシダント月間値測定結果(大館)

項目	年 月	平成3年										平成4年			
		5月	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4		
昼間測定日数	(日)	12	20	17	27	29	22	24	30	31	11	13	23		
昼間測定時間	(時間)	141	303	230	393	453	325	365	455	484	162	189	349		
昼間の1時間値の月平均値	(ppm)	0.047	0.030	0.019	0.017	0.019	0.018	0.014	0.014	0.012	0.021	0.026	0.035		
昼間の1時間値が0.06ppmを超えた日数と時間数	(日)	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
	(時間)	23	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
昼間の1時間値の最高値	(ppm)	0.074	0.073	0.044	0.056	0.042	0.041	0.036	0.037	0.028	0.039	0.045	0.066		
昼間の日最高1時間値の月間平均値	(ppm)	0.058	0.039	0.027	0.026	0.029	0.028	0.025	0.022	0.018	0.032	0.036	0.045		

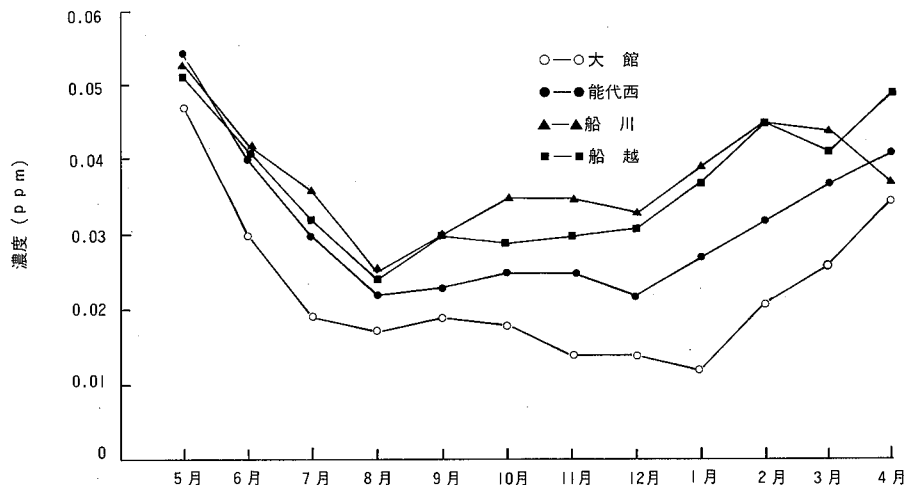


図4 県北地区でのオキシダントの経月変化（昼間の一時間値の月平均値）

### 3.5 浮遊粒子状物質中の成分濃度

補完調査地点での浮遊粒子状物質中の成分濃度の調査結果を表8に示した。また、浮遊粒子状物質の成分濃度比を図5に示した。

全地点とも $\text{SO}_4^{2-}$ と $\text{NH}_4^+$ が非常に大きな割合を占めており、多い時期で7割、少ない時期でも4割以上を占めている。また、秋季の $\text{Cl}^-$ も各調査地点で他の時期に比べ大きな割合を占めているが、海岸部の能代東局と内陸部との中間地点に位置する補完調査地点の鷹巣では、 $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ がどちらも他の時期よりも高くなっている。同時期その他の内陸部では、 $\text{Cl}^-$ 濃度比が他の時期より大きくなっているが、 $\text{Na}^+$ は他の時期と比べ必ずしも大きくなっておらず、海岸部と内陸部で異なったパターンの成分濃度比がみられた。この秋季調査時期の気象状況は海岸部の能代東局で、NW系の海からの風が32.4%を占め風速も5m/sec以上が18.1%と強くなっており、また、内陸部の大館局では、SW系の風が多く、風速も5m/sec以上が0.6%と弱く、海岸部と内陸部で異なった気象状況を示した。このことか

ら、海塩の影響は海岸部の能代市から内陸部との中間地点に位置する鷹巣町までは及んでいるが、さらに内陸部の大館市までは海塩の影響が及んでいないと考えられる。また、土壌系粒子の主要構成成分である $\text{Al}$ と $\text{Ca}$ は春季に成分濃度比が大きくなる傾向にあった。これは、大気が安定する夏季、秋季と雪に覆われる冬季に割合が少なくなり、春季に風による土壌の巻き上げが影響して濃度比が大きくなっていると考えられる。 $\text{Al}$ と $\text{Ca}$ については、海岸部と内陸部に特に違いはみられなかった。

## 4 まとめ

県内の大気汚染マップ作成のため、今年度は県北地区の既設測定局11局と5ヶ所の補完調査地点を設けて、大気環境濃度を測定した。前年度の中央地区の調査結果と併せて大気環境濃度の調査を行い、次のことが判明した。

- (1) 二酸化硫黄及び浮遊粒子状物質については、前年度調査した秋田市内の一部で比較的高い濃度の地域がみられたが、今

表8 浮遊粒子状物質中の成分濃度 (県北地区)

地点名	月	Fe	Mn	Al	K	Ca	Na	Zn	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
		μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>
鹿角	5	0.289	0.015	0.175	0.099	0.220	0.750	0.047	0.167	0.348	4.310	1.106
	8	0.117	0.028	0.049	0.059	0.118	0.447	0.126	0.299	0.553	2.116	0.658
	10	0.299	0.014	0.070	0.184	0.030	0.386	0.118	0.639	0.663	2.097	1.050
	2	0.247	0.024	0.101	0.202	0.177	0.338	0.140	0.293	0.954	3.655	1.215
	平均	0.254	0.021	0.099	0.136	0.136	0.481	0.108	0.350	0.630	3.045	1.008
大館	5	0.232	0.005	0.353	0.137	0.307	0.595	0.093	0.347	0.350	3.713	0.619
	8	0.089	NG	0.123	0.068	0.117	0.455	0.042	0.189	0.457	1.875	0.599
	10	0.376	0.010	0.228	0.241	0.103	0.470	0.083	0.701	0.798	2.049	0.892
	2	0.127	0.008	0.119	0.258	0.179	0.493	0.072	0.477	1.784	5.490	1.815
	平均	0.206	0.006	0.206	0.176	0.177	0.504	0.073	0.429	0.848	3.282	0.982
鷹巣	5	0.323	0.006	0.344	0.212	0.297	1.281	0.048	0.362	0.446	5.800	1.231
	8	0.069	NG	0.064	0.133	0.091	0.322	0.066	0.239	0.576	2.293	0.781
	10	0.225	0.009	0.142	0.288	0.072	0.822	0.088	1.339	0.779	2.400	1.098
	2	0.256	0.010	0.105	0.189	0.227	0.588	0.057	0.464	1.180	4.087	1.060
	平均	0.219	0.007	0.164	0.206	0.172	0.754	0.065	0.601	0.746	3.645	1.043
阿仁	5	0.362	0.003	0.171	0.124	0.269	0.396	0.024	0.172	0.220	3.863	0.645
	8	0.071	NG	0.048	0.126	0.105	0.247	0.021	0.195	0.267	1.787	0.551
	10	0.138	0.008	0.035	0.181	0.048	0.352	0.026	0.447	0.381	2.304	0.898
	2	0.056	0.003	0.076	0.135	0.104	0.408	0.010	0.346	0.492	2.929	0.836
	平均	0.157	0.004	0.084	0.142	0.132	0.351	0.021	0.290	0.341	2.721	0.733
能代	5	0.370	0.051	0.331	0.132	0.297	0.398	0.090	0.072	0.569	3.045	0.807
	8	0.224	0.061	0.119	0.115	0.142	0.449	0.079	0.208	0.664	2.083	0.601
	10	0.394	0.114	0.095	0.200	0.114	1.030	0.088	1.031	0.621	1.878	0.533
	2	0.415	0.086	0.149	0.268	0.351	0.836	0.092	0.566	0.778	4.126	0.820
	平均	0.351	0.079	0.174	0.179	0.222	0.679	0.088	0.470	0.659	2.783	0.691

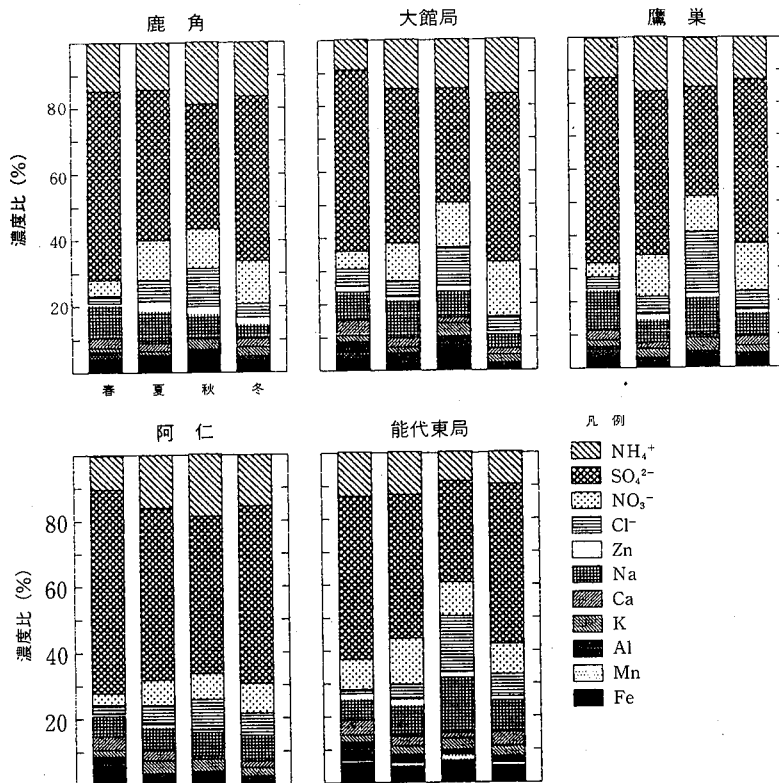


図5 県北地区の浮遊粒子状物質成分濃度

年度調査の県北地区は大規模な工場地帯もなく、地域全体が低い濃度レベルの清浄な地域となっている。

- (2) 二酸化窒素については、前年度調査で秋田市内の国道7号線に沿った地域と今年度調査で県北地区の自排局で自動車の影響による高い濃度の地域が観測されたが、県北地区の自動車による影響は、交通量の多い限られた地域であり、その影響は国道に沿った周辺地域には拡大しておらず、全体として清浄な地域となっている。
- (3) オキシダントについては、能代、船川等の既設の測定局と同様に、県北内陸部の大館測定局も春先に高い傾向を示したが、濃度は既設の測定局より低くなっている。
- (4) 浮遊粒子状物質の成分濃度については、前年度調査した秋田市内の測定結果と同様に、県北地区すべての地点で $\text{SO}_4^{2-}$ と $\text{NH}_4^+$ が大きな割合を占めていた。また、海塩由来の主要成分のNaとClについては、海岸部と内陸部で異なる状況がみられたが、土壌主要構成成分であるAlとCaについては、海岸部と内陸部で特に違いはみられなかった。

## 参 考 文 献

- 1) 斎藤 学ほか：秋田県環境技術センター年報, No.18, 43 (1990)
- 2) 藤原正弘ほか：「大気汚染濃度分布のパターンのスプライン法による推定法」環境技術, Vol.11, No.9, 21 (1982)
- 3) 市田浩三、吉本富士市 共著：「スプライン関数とその応用」シリーズ新しい応用の数学

- 4) 木村秀樹ほか：「青森市における硫黄酸化物濃度分布の推定—スプライン法を用いて—」青森県公害調査事務所所報, No.5, 47 (1983)

## 沿道地域の浮遊粉じん等に関する調査研究

久米 均    成田 理    斉藤 学\*    井島 辰也    児玉 仁

### 1 はじめに

冬期において、スパイクタイヤの使用によって粉じんが発生し、大気汚染が生じている。このため、スパイクタイヤ粉じんを防止するため、平成2年6月に「スパイクタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律」が施行された。これによって、指定地域内では平成3年4月からスパイクタイヤの使用が禁止となり、平成4年4月からは罰則規定が適用された。平成3年度はスパイクタイヤの使用禁止の初年度にあたるものの、罰則規定が適用されないこともあり、スパイクタイヤ装着率がどのように変化し、それにもなって浮遊粉じん等がどう変化するのか、非常に関心の持たれるところである。本報では、平成3年度に調査した浮遊粉じんやベンゼン抽出物質等の結果について報告する。

### 2 調査方法

#### 2.1 スパイクタイヤ装着率調査

##### 2.1.1 調査地点

調査地点は図1の④の地点であり、その概要は表1のとおりである。

##### 2.1.2 調査時期及び調査内容

調査時期は、平成2年12月16日、平成3年1月29日、平成3年2月14日及び平成3年3月9日である。

調査内容は、調査地点を通過する車両について、スパイクタイヤ装着車両台数及びスパイクタイヤ非装着車両台数の合計が概ね300台程度になるまで数えた。

#### 2.2 サンプル調査

##### 2.2.1 調査地点

調査地点は図1の①、②及び③の地点で、その概要は表1の通りである。図2に②及び③地点の拡大図を示す。

表1 調査地点の概要

地点No	調査地点名		設置位置の状況			面する道路の状況			
	地点名	略称	設置面	道路端からの距離(m)	地上からの高さ(m)	路線名	車線数	舗装状況	交通量(台/12h)
1	茨島自動車排出ガス測定局	茨島	局舎上	5	2.5	国道7号線	4	アスファルト	27.576
2	環境技術センター	八橋(0m)	地上(芝生)	2	0	国道7号線	4	アスファルト	36.962
3	環境技術センター	八橋(50m)	地上(芝生)	50	0	—	—	—	—
4	臨海十字路	—	—	—	—	国道7号線 山王通り	4 4	アスファルト アスファルト	36.962* 17.916*

注 交通量は平成2年度道路交通センサスによる。

\* 臨海十字路に最も近い地点の交通量である。

\* 現能代保健所

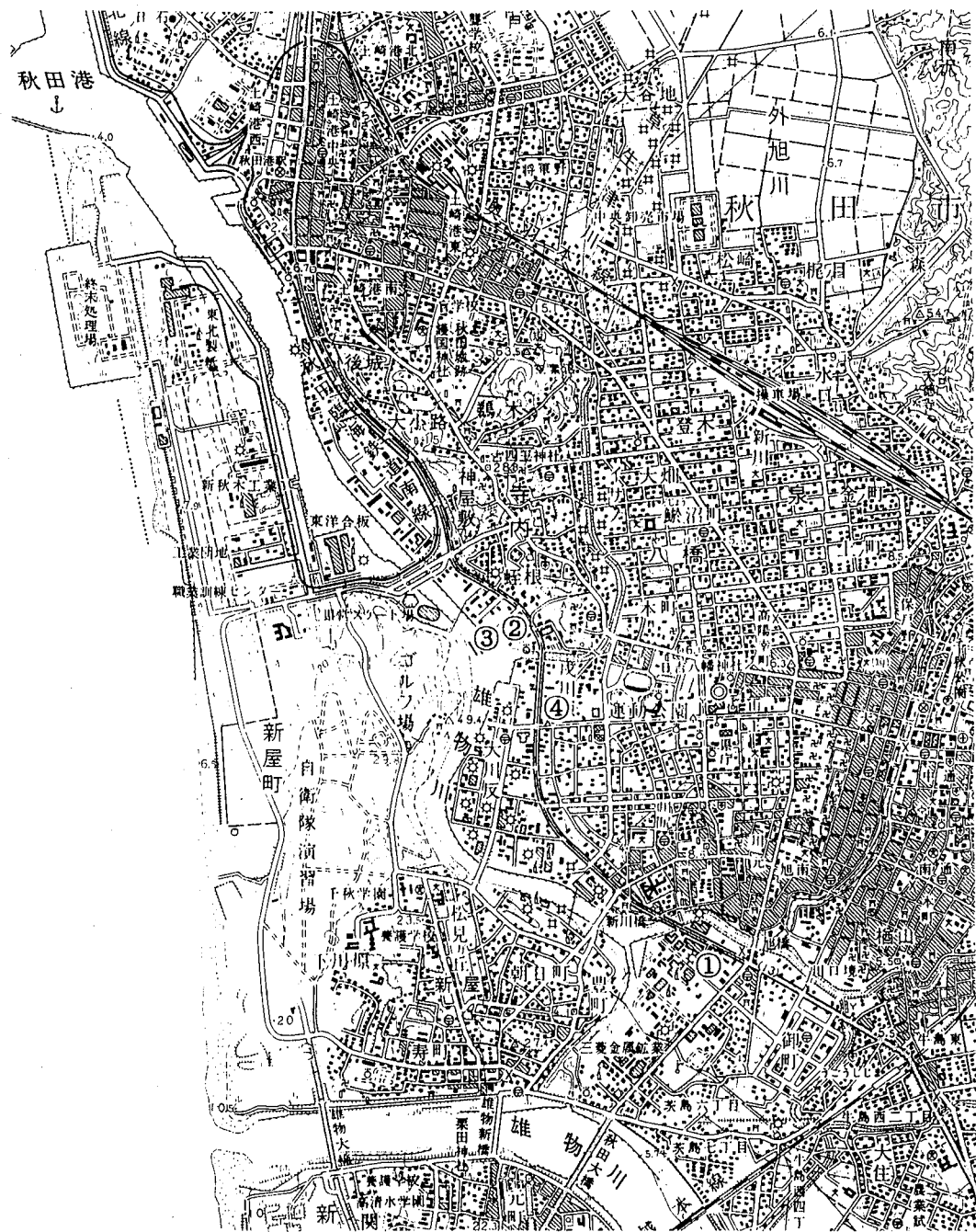


図 1 調査地点

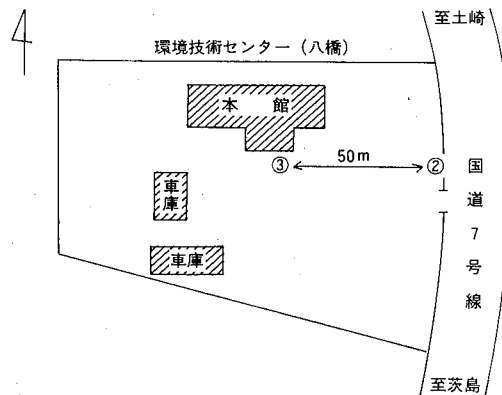


図 2 調査地点

### 2.2.2 調査時期及び調査内容

調査時期は、スパイクタイヤ非装着期の平成3年11月及び装着期の平成3年12月、平成4年1月、3月の計4回である。

非装着期調査 11月25日～30日

装着期調査 12月16日～20日

1月27日～2月1日

3月9日～13日

調査内容は、表2のとおりである。ハイポリウムエアサンプラーは、1試料につき24時間（10時から翌日10時まで）採取した。ローポリウムエアサンプラーは、期間中4日または5日連続で採取した。

### 2.3 分析方法

#### 2.3.1 ベンゼン抽出物質量

ソックスレー抽出法<sup>1)</sup>により行った。

#### 2.3.2 金属成分濃度

硝酸、過酸化水素法により分解し、原子吸光法で定量した。

### 3 気象概況

調査期間中の気象概況<sup>2)</sup>は表3のとおりである。また、各月の概要は次のとおりである。

11月 初雪は5日、初霜及び初氷は17日であり、24日に最低気温が氷点下の冬日となり、初積雪となった。積雪は、24日から25日にかけて3cmであった。月間の降雪深さ(秋田市)は、4cm(平年8cm)であった。

表2 調査内容

調査項目	使用機器	分析項目
浮遊粉じん	ハイポリウムエアサンプラー (ろ紙：石英繊維ろ紙2500QAST)	浮遊粉じん濃度 ベンゼン抽出物質濃度 金属成分濃度(Fe、Mn、Al、Ca、Zn)
浮遊粒子状物質	ローポリウムエアサンプラー (ろ紙：ハイポリウムエアサンプラーと同じ)	浮遊粒子状物質濃度



12月 雨や雪の日が多く、中旬初めと下旬末に強い寒気が入ったが長続きしなかった。積雪は、8日から16日にかけて1～11cm、20日に1cm、27日から31日にかけて1～5cmであった。月間の降雪深さ(秋田市)は40cm(平年59cm)であった。

1月 曇りの日が多く、雨や雪が降った。18日及び23日に強い寒気が入り、風雪や大雪となった所があった。月平均気温は平年に比べて高く、1.6℃(平年-0.4℃)であり、観

測開始以来第3位の高い記録であった。積雪は、4日に3cm、10日に1cm、14日から31日にかけて1～14cmであった。月間の降雪深さ(秋田市)は55cm(平年108cm)であった。

3月 天気は周期的に変わり、晴れ間の出る日が多くなった。積雪は、2日に1cm、6日から8日にかけて3～10cm、16日から19日にかけて2～9cm、21日から22日にかけて3～4cmであった。月間の降雪深さ(秋田市)は、33cm(平年29cm)であった。

表3 調査期間中の気象概況

調査月日		項目	平均気温 (℃)	降水量 (mm)	降雪深さ (cm)	積雪量 (cm)	路面状態
11月	25～26日		3.6	2.0	1	3	—
	26～27日		9.3	0.5	—	—	—
	27～28日		8.1	—	—	—	—
	28～29日		8.9	13.5	—	—	—
	29～30日		8.5	10.0	—	—	—
12月	16～17日		4.8	0.0	—	1	乾燥
	17～18日		6.0	0.0	—	—	乾燥のち湿潤
	18～19日		5.7	13.5	0	—	乾燥のち湿潤
	19～20日		0.6	1.5	0	0	湿潤
	20～21日		1.5	0.0	1	1	乾燥
1月	27～28日		0.2	7.0	0	7	湿潤のち乾燥
	28～29日		1.1	0.0	0	4	乾燥
	29～30日		0.2	0.0	0	3	乾燥
	30～31日		-0.4	0.0	1	2	湿潤のち乾燥
	31～2/1日		-1.0	0.0	0	1	乾燥
3月	9～10日		4.1	8.5	0	—	湿潤のち乾燥
	10～11日		4.9	0.0	—	—	乾燥
	11～12日		4.2	0.0	0	—	乾燥
	12～13日		3.7	—	—	—	乾燥

#### 4 調査結果及び考察

##### 4.1 スパイクタイヤ装着率

スパイクタイヤ装着率は表4のとおりである。平成2年度の12月の装着率50%から平成3年度の12月の装着率32%へ、1月の75%から45%へ、3月の78%から38%へと、平成2年度に比べ平成3年度は、装着率が減少している。これは、スパイクタイヤ使用禁止の法律の施行によるところが大きいと考えられるが、約4割の自動車スパイクタイヤで走行している。その理由として、スパイクタイヤ使用禁止を知りながら、罰則規定が適用されないからなのか、またはスパイクタイヤ使用禁止を知らないからなのかは明らかではないが、県としては今後もねばり強く啓発していく必要がある。

##### 4.2 浮遊粉じん濃度の経年変化

各調査地点における浮遊粉じん濃度の期間平均値の経年変化は、図3、図4、図5のとおりである。スパイクタイヤ非装着期である9月、10月及び11月の浮遊粉じん濃度の期間平均値の経年の平均値は、八橋0m地点で105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、八橋50m地点で44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、茨島地点で160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、各年度とも低い値で安定している。これに対し、スパイクタイヤ装着期である12月、1月及び3月の浮遊粉じん濃度の期間平均値の経年の平均値は、八橋0m地点で12月が332 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が469 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が451 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、八橋50m地点で12月が94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、茨島地点で12月が238 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が234 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が422 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、スパイクタイヤ非装着期に比べて高い値を示している。しかし、図3、図4及び図5にみられるとおり、年度によって変動が大きい。これは、路面の乾燥・湿潤の状態が、浮

表4 スパイクタイヤ装着率 単位%

年度 \ 月	12月	1月	2月	3月
平成2年度	50	75	—	78
平成3年度	32	45	40	38

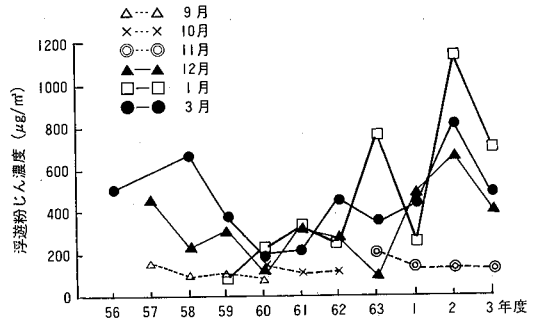


図3 浮遊粉じん濃度経年変化（八橋0m）

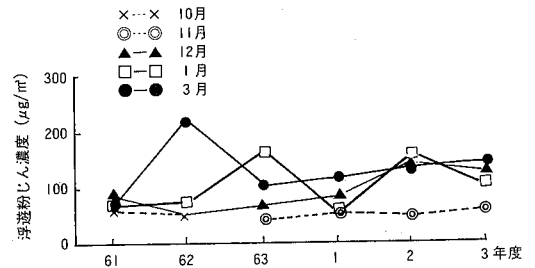


図4 浮遊粉じん濃度経年変化（八橋50m）

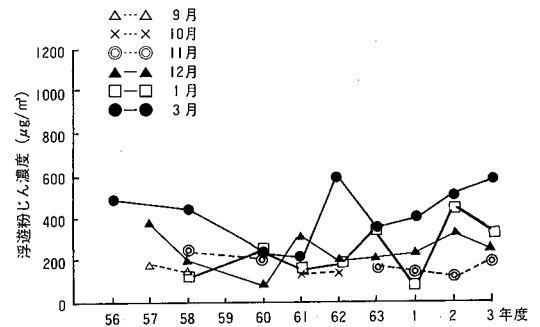


図5 浮遊粉じん濃度経年変化（茨島）

遊粉じん濃度に大きな影響を与えるためと考えられている<sup>3~11)</sup>。平成3年度の浮遊粉じん濃度は、平成2年度に比べれば減少しているものの、それ以前の年度に比べては特段に低い値になっていない。これは、路面が乾燥している日が多かったことによるものと考えられる。

#### 4.3 平成3年度の経月変化

各調査地点における平成3年度の浮遊粉じん濃度の経月変化は表5、図6のとおりである。浮遊粉じん濃度は、スパイクタイヤ非装着期である11月において八橋0m地点で134 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、八橋50m地点で58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、茨島地点で186 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、スパイクタイヤ装着期である12月、1月及び3月においては八橋0m地点で402~476 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、八橋50m地点で108~143 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、茨島地点で237~566 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。このように各地点ともスパイクタイヤ装着期において浮遊粉じん濃度は高くなっている。

#### 4.4 平成3年度の浮遊粉じん濃度の経日変化

各調査地点における平成3年度の浮遊粉じん濃度の経日変化は、図7のとおりである。スパイクタイヤ非装着期である11月においては、各地点とも大きな変動はみられないが、スパイクタイヤ装着期である12月、1月及び3月においては、八橋0m地点及び茨島地点において変動がみられる。浮遊粉じん濃度と路面の乾燥・湿潤状態との関係を八橋0m地点においてみると、12月の路面状態が乾燥の日には、浮遊粉じん濃度は370 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及び580 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに対し、路面状態が湿潤の日には260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっており、1月においても路面状態が乾燥の日には、浮遊粉じん濃度は630~1,160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに対し、路面状

態が湿潤のち乾燥の日には150~600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっている。茨島地点においても同様の傾向がみられる。このように、路面の乾燥・湿潤状態によって浮遊粉じん濃度は大きな影響を受けている。

#### 4.5 平成2年度と平成3年度の浮遊粉じん濃度の比較

平成2年度及び平成3年度の各地点の経月変化は、図8、図9、図10のとおりである。八橋0m地点では平成2年度の11月が135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、12月が676 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が1,134 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が816 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに比べ平成3年度は11月が134 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、12月が402 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が709 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が476 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と各月とも低い値を示している。八橋50m地点では平成2年度の11月が48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、12月が144 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が156 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が137 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに比べ、平成3年度は11月が58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、12月が127 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が108 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が143 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と12月及び1月において低い値を示している。茨島地点では平成2年度の11月が105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、12月が331 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が455 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が512 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに比べ、平成3年度は11月が186 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、12月が237 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が333 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が566 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と12月及び1月において低い値を示している。年度によって路面が乾燥状態であった日数が異なるので、条件をほぼ同じにして比較するため、路面が乾燥状態の日の浮遊粉じん濃度による経月変化をみると、図11、図12、

表5 平成3年度の浮遊粉じん濃度の測定結果 (単位  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

地点名	月	11月	12月	1月	3月
八橋(0m)		134	402	709	476
八橋(50m)		58	127	108	143
茨島		186	237	333	566

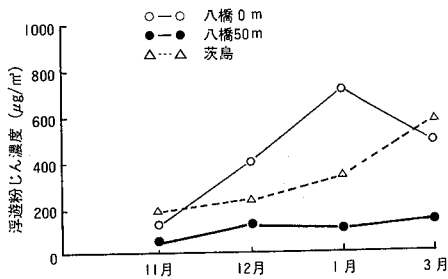


図6 平成3年度の浮遊粉じん濃度の経月変化

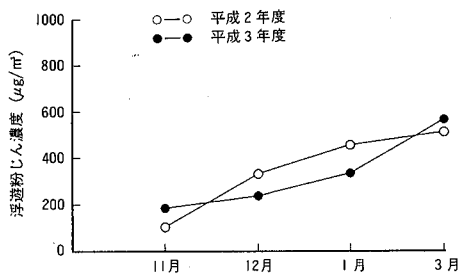


図10 茨島地点における平成2年度及び平成3年度の浮遊粉じん濃度経月変化

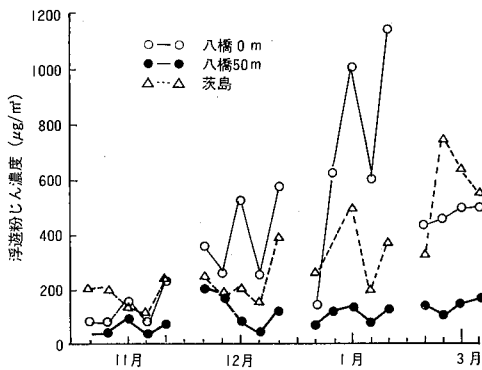


図7 平成3年度の浮遊粉じん濃度の経日変化

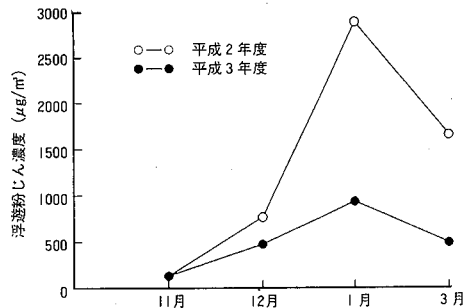


図11 八橋0m地点における平成2年度及び平成3年度の路面が乾燥状態の日の浮遊粉じん濃度経月変化

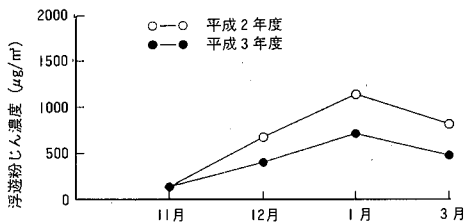


図8 八橋0m地点における平成2年度及び平成3年度の浮遊粉じん濃度経月変化

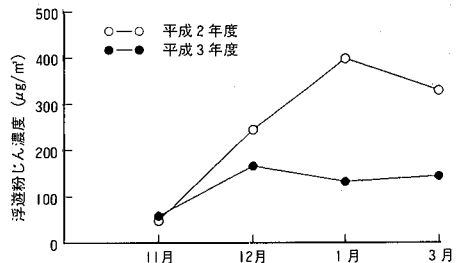


図12 八橋50m地点における平成2年度及び平成3年度の路面が乾燥状態の日の浮遊粉じん濃度経月変化

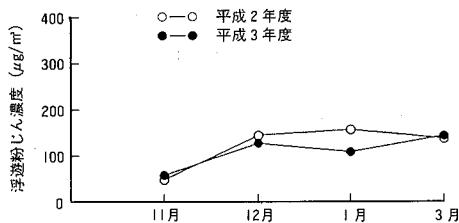


図9 八橋50mの地点における平成2年度及び平成3年度の浮遊粉じん濃度経月変化

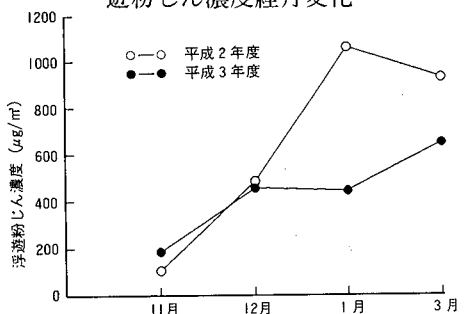


図13 茨島地点における平成2年度及び平成3年度の路面が乾燥状態の日の浮遊粉じん濃度経月変化

図13に示すとおり、各地点とも平成2年度に比べ平成3年度が低い値を示している。平成2年度に比べ、平成3年度の各地点ごとのスパイクタイヤ装着期の路面が乾燥状態にある日の浮遊粉じん濃度の平均は、約4割ないし6割となっており、また、スパイクタイヤ装着率も5割ないし6割となっている。このように浮遊粉じん濃度の減少率とスパイクタイヤ装着率の減少率との間には相関がみられ、スパイクタイヤ装着率の減少が浮遊粉じん濃度の減少に大きく寄与したものと考えられる。

#### 4.6 浮遊粒子状物質

浮遊粒子状物質濃度の経月変化は表6及び図14、経年変化は図15、図16及び図17のとおりである。浮遊粒子状物質濃度については、スパイクタイヤ非装着期とスパイクタイヤ装着期の間の差はそれ程大きくない。これは、スパイクタイヤ粉じん中の粒径の大きい粒子の割合が多いため、粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子を対象としている浮遊粒子状物質濃度に対してスパイクタイヤの影響がそれほど大きくないためと考えられている<sup>4-11)</sup>。

#### 4.7 浮遊粉じん中の含有成分

浮遊粉じん中のベンゼン抽出物質濃度、全鉄濃度、マンガン濃度、アルミニウム濃度、カルシウム濃度及び亜鉛濃度の経月変化を表7、図18~21に示す。このうちベンゼン抽出物質濃度については、八橋0m地点の11月が $3.29\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、12月が $7.20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が $11.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が $7.53\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、カルシウム濃度については、八橋0m地点の11月が $5.57\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、12月が $22.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月が $34.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月が $21.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっている。ベンゼン抽出物質及びカルシウムはスパイクタイヤ粉じんに多く含まれると考えられてお

り<sup>6)</sup>、これらの濃度がスパイクタイヤ装着期に高くなることから、依然としてスパイクタイヤ粉じんの影響があると考えられる。

表6 平成3年度の浮遊粒子状物質濃度の測定結果 (単位  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

地点名	月	11月	12月	1月	3月
八橋(0m)		47	95	90	118
八橋(50m)		28	48	20	55
茨島		86	70	64	146

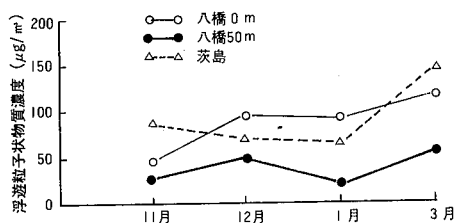


図14 平成3年度の浮遊粒子状物質濃度経月変化

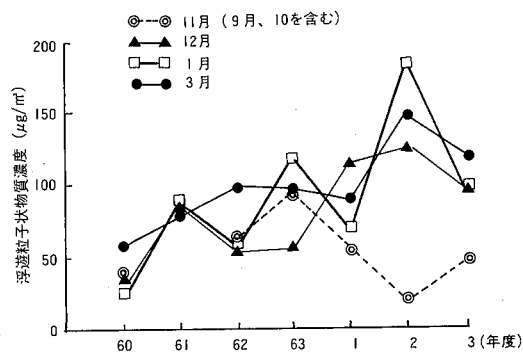


図15 浮遊粒子状物質濃度経年変化 (八橋0m)

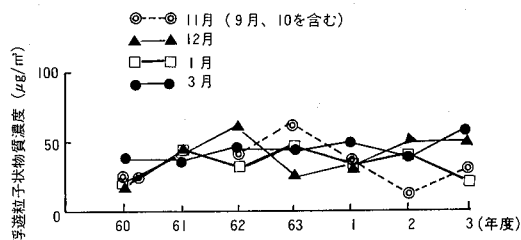


図16 浮遊粒子状物質濃度経年変化 (八橋50m)

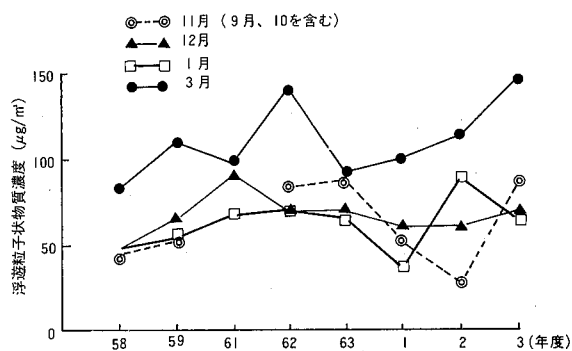


図17 浮遊粒子状物質濃度経年変化（茨島）

表7 平成3年度の浮遊粉じん中の含有成分濃度 (単位  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

地点名	月	ベンゼン 抽出物質	全 鉄	マンガン	アルミニウム	カルシウム	重 鉛
八橋 (0 m)	11	3.29	2.53	0.07	1.68	5.57	0.55
	12	7.20	8.50	0.17	6.11	22.8	0.88
	1	11.3	17.2	0.41	9.29	34.6	0.59
	3	7.53	11.3	0.27	10.0	21.0	0.63
八橋 (50 m)	11	1.67	1.00	0.04	0.64	3.02	0.17
	12	2.68	2.65	0.07	1.92	6.63	0.18
	1	1.57	2.98	0.07	2.04	4.58	0.14
	3	3.58	2.87	0.08	2.78	4.84	0.19
茨島	11	3.58	4.02	0.16	2.49	12.8	1.50
	12	4.50	4.89	0.16	3.21	12.4	0.74
	1	4.23	8.17	0.28	6.12	16.9	0.65
	3	8.68	11.2	0.39	11.3	26.8	2.09

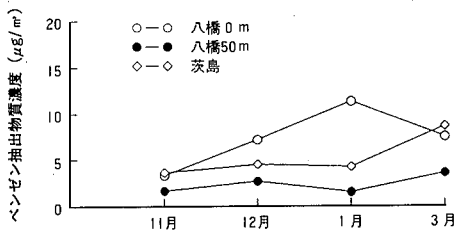


図18 平成3年度の浮遊粉じん中のベンゼン抽出物質濃度経月変化

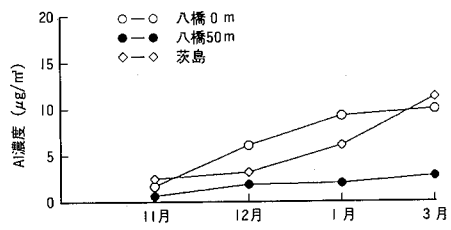


図21 平成3年度の浮遊粉じん中のアルミニウム濃度経月変化

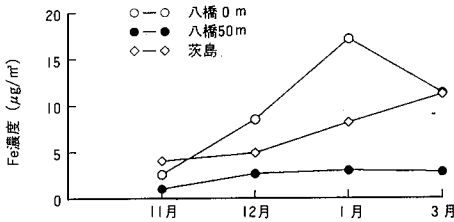


図19 平成3年度の浮遊粉じん中の全鉄濃度経月変化

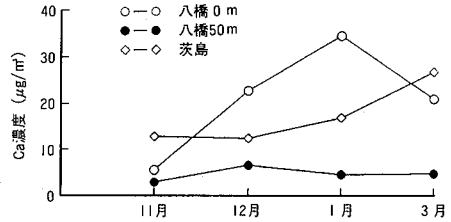


図22 平成3年度の浮遊粉じん中のカルシウム濃度経月変化

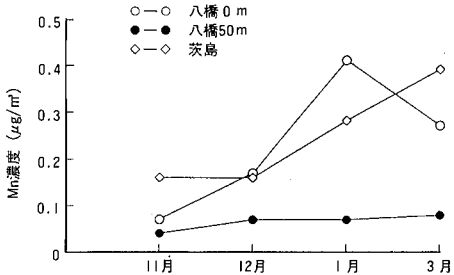


図20 平成3年度の浮遊粉じん中のマンガン濃度経月変化

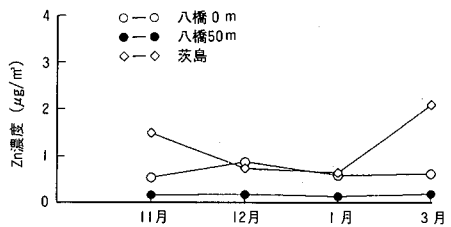


図23 平成3年度の浮遊粉じん中の亜鉛濃度経月変化

## 5 まとめ

平成3年度は、スパイクタイヤ使用禁止の初年度にあたり、今後浮遊粉じん濃度の減少が期待される。平成3年度の調査では次の知見が得られた。

- (1) スパイクタイヤ装着率は、平成2年度に比べ、平成3年度は各月において減少した。しかし、スパイクタイヤ装着率は減少したとはいえ、4割前後がスパイクタイヤで走行しており、県ではスパイク

タイヤの使用禁止について啓発していく必要がある。

- (2) 浮遊粉じん濃度の経年変化については、年度による変動が大きく、平成3年度の濃度は、それ以前の濃度に比べて特に低くなったとはいえない。これは、測定日の道路の乾燥・湿潤状態が大きく影響しているためと考えられる。
- (3) 浮遊粉じん濃度の経月変化については、スパイクタイヤ非装着期に比べスパ

イクタイヤ装着期が高い。また、茨島地点の3月及び八橋50m地点の3月を除き、平成2年度に比べ平成3年度は減少した。浮遊粉じん濃度を路面が乾燥状態にあった日の経月変化でみると、平成2年度に比べ平成3年度は各地点の各月において減少した。これは、スパイクタイヤ装着率の減少が大きく影響していると考えられる。

- (4) 浮遊粉じん濃度の経日変化は、スパイクタイヤ装着期において変動が大きく、これは路面の乾燥・湿潤状態とよく対応している。
- (5) 浮遊粒子状物質濃度については、スパイクタイヤ非装着期と装着期の間の差はそれ程大きくない。このことは、スパイクタイヤ粉じんの粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものが多いことを示している。
- (6) 浮遊粉じん中に含まれているベンゼン抽出物質及びカルシウム濃度は、スパイクタイヤ装着期に高くなることがわかっている。今回調査した浮遊粉じん中のベンゼン抽出物質濃度及びカルシウム濃度もスパイクタイヤ装着期に高くなることから、浮遊粉じん中にスパイクタイヤ粉じんが、依然として多く含まれているものと考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 環境庁大気保全局：スパイクタイヤによる浮遊粉じん中の各成分濃度等測定方法指針 (1983)
- 2) 秋田県地方气象台：秋田県気象月報
- 3) 吉田 昇ほか：秋田県環境技術センター年報, No.10, 72 (1982)
- 4) 藤島直司ほか：秋田県環境技術センター

年報, No.11, 65 (1983)

- 5) 藤島直司ほか：秋田県環境技術センター年報, No.12, 63 (1984)
- 6) 高橋 浩ほか：秋田県環境技術センター年報, No.13, 51 (1985)
- 7) 高橋 浩ほか：秋田県環境技術センター年報, No.14, 55 (1986)
- 8) 高橋 浩ほか：秋田県環境技術センター年報, No.15, 45 (1987)
- 9) 石郷岡晋ほか：秋田県環境技術センター年報, No.16, 88 (1988)
- 10) 斉藤 学ほか：秋田県環境技術センター年報, No.17, 53 (1989)
- 11) 成田 理ほか：秋田県環境技術センター年報, No.18, 53 (1990)



# 水田地帯における大気中メタン濃度の変動に関する調査研究

成田 理 齊藤 弥 齊藤 学\*

## 1 はじめに

二酸化炭素やメタンをはじめとする温室効果ガスの濃度が、人間活動によって急速に増加しており、近い将来気候が大きく変化することが懸念されている。メタンは二酸化炭素につぐ地球温暖化要因の温室効果ガスと言われており、世界各地で観測された最近の実測値から、大気中のメタン濃度は年間約0.7%の割合で増加していると報告<sup>1)</sup>されている。大気中へのメタンの排出源としては、自然起源として、湿地、海洋、森林など、人為起源として、有機物の燃焼、水田、家畜動物などがあげられているが、なかでも水田は重要な排出源として注目されている。

そこで、昭和39年に八郎潟干拓事業で15,640haの大規模農業地帯として新生した大潟村において、水田地帯における大気中メタン濃度の変動を把握するため、炭化水素の自動測定機を設置し、調査を実施したのでその結果を報告する。

## 2 調査方法

### 2.1 調査地点

大潟村は、干拓地15,640haの約7割の10,862haが農地で、その大部分は水田として利用されている大規模な農業地帯である。調査地点は図1、2に示すとおり、大潟村の総合中心地の東側に位置し、周囲は農地に囲まれている。また、既設メタン測定局の船川局は、男鹿市の中心部に設置されており、大潟村か

ら南西約10kmの地点に位置している。また、将軍野局は、秋田市の北東の住宅地に設置されているが、近くに大きな水田地帯が広がっている。

### 2.2 調査時期

平成3年5月から平成4年8月

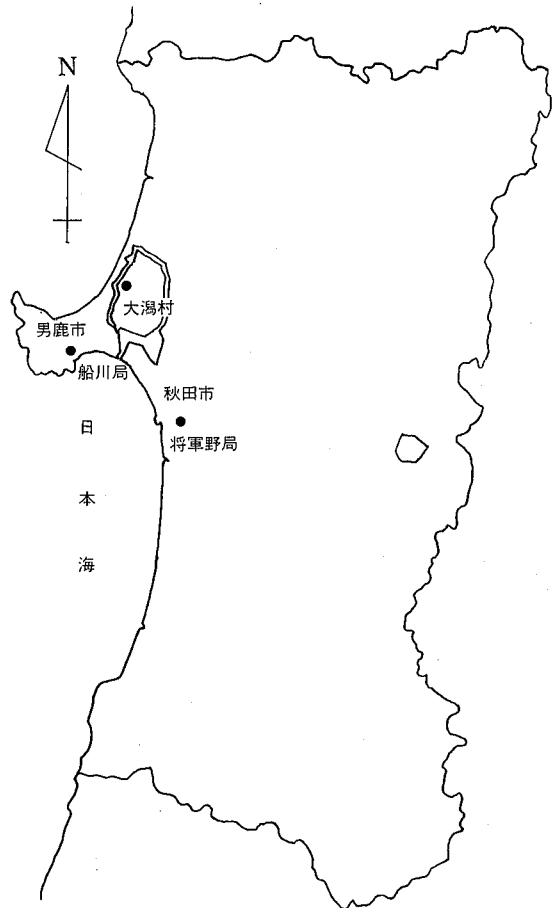


図1 調査地点

\* 現能代保健所

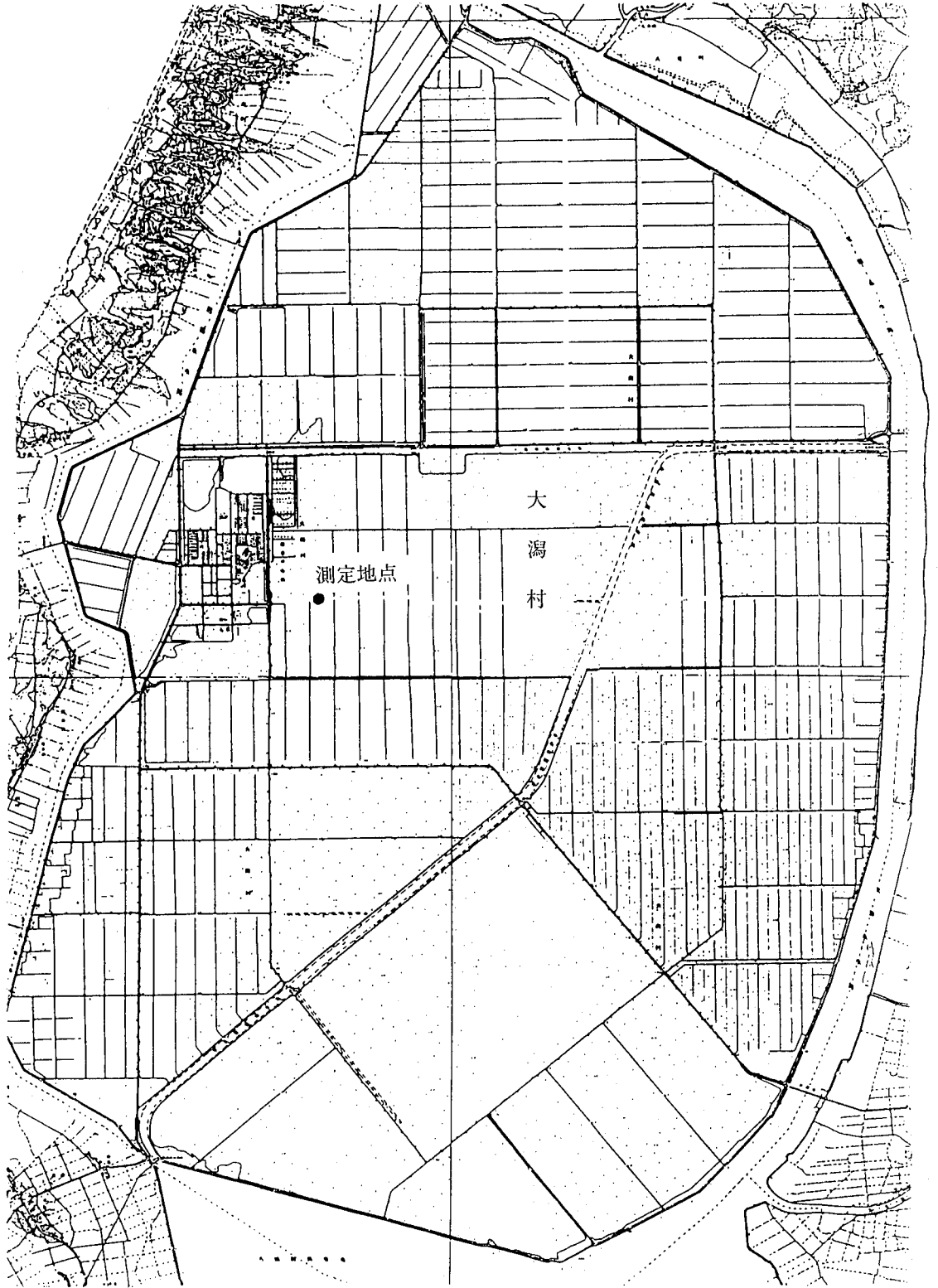


図2 大潟村メタン測定地点の状況図

### 2.3 調査機器

堀場製作所製のAPHA3000ガスクロマトグラフ方式炭化水素連続測定機を使用。

## 3 結果及び考察

### 3.1 メタン濃度の変動について

調査期間中における月平均値の経月変化を図3に示す。大潟村のメタン濃度は、6月から8月にかけて大きなピークがみられ、7月には最高値2.16ppmを示し、既設の測定局ではみられない高濃度が観測された。最高値と最低値の差は、0.34ppmと非常に大きく、夏期に高く、秋・冬期にかけて低い傾向がみられた。これは、長野市におけるメタンの一般環境濃度が夏期に低く、冬期に高いこと、また、最高値と最小値の変動差が0.1ppmという薩摩らの報告<sup>2)</sup>と異なっており、水田地帯で夏期に高濃度を観測される原因として、水田が大きな発生源となっていることがうかがわれる。また、既設の測定局と比較すると、6～7月にかけて船川局では最高値1.79ppmを示し、將軍野局では最高値1.93ppmを示した。既設の測定局も夏期に高く、秋・冬期に低い傾向を示したが、これは測定局の近くに水田が存在しているため、その影響を受けているものと思われる。

また、調査期間中に高濃度が観測された6～8月について、メタン濃度の日平均値を図

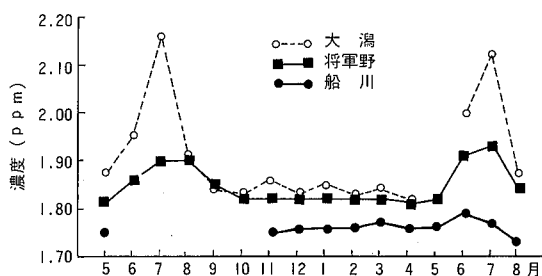


図3 メタン濃度経月変化

4に示す。大潟村のメタン濃度は変動が大きく、最高値3.60ppmが測定され、最低値は1.66ppmと非常に大きな変動差が確認された。これに対して、既設將軍野局は変動があるものの、それほど大きく変動しておらず、大潟村での大きな変動は、水田からのメタンフラックスの発生に大きく左右されているものと考えられる。

### 3.2 メタン濃度と気象との関係

図5に大潟村の6～8月の経時変化を、図6に1～3月の経時変化を示す。6～8月の濃度変動は、各月とも、夜の8時頃から濃度が上昇し、朝の7時頃に下降する傾向を示した。これは夜間から早朝にかけて大気が安定し、無風状態になりやすいためと思われる。

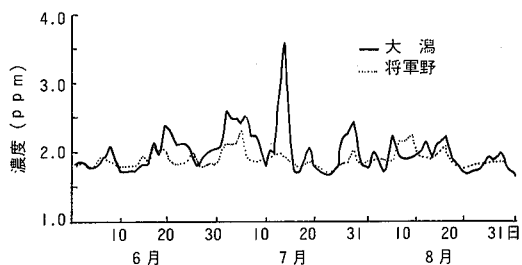


図4 メタン濃度日平均値  
(平成3年6月～8月)

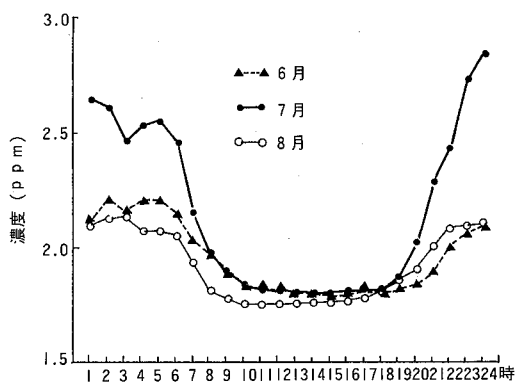


図5 大潟村でのメタン濃度時間別平均値  
(6～8月)

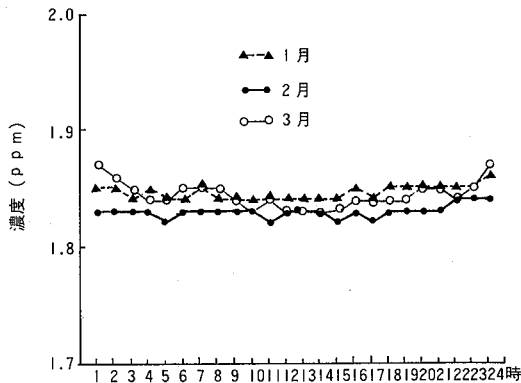


図6 大湊村でのメタン濃度時間別平均値 (1～3月)

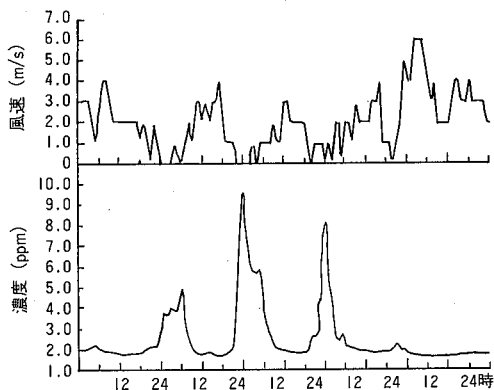


図7 高濃度時発生時の気象状況

また、冬期も同様に夜間から早朝にかけて大気が安定するが、6～8月のような濃度変動はみられなかった。また、図7に調査期間中に高濃度となった、7月13日から17日までの経時変化及び風速を示す。風速が1 m/sec以下の風の弱い状態が続くと、急激に濃度が上昇する傾向を示した。いずれも夜間から早朝にかねて高濃度となっており、7月14日の19時頃から15日の9時頃まで風速1 m/sec以下の状態が続くと、1時間値が9.67ppmと高い濃度を示し、この間2.0ppm以上の高濃度が続いた。これに対し、7月16日の夜間から17日

の早朝にかけて風速4 m/sec以上の状態が続いて、この時間のメタン濃度は1.7ppm前後となっている。このことから、大石らの報告<sup>3)</sup>にもあるように、夏期に水田からのメタンの発生があり、風の状態により蓄積、拡散と濃度が大きく変動するが、冬期はメタンの発生が少なく、濃度変化が小さいと考えられる。

#### 4 まとめ

水田地帯の大気中のメタン濃度を把握するため、大規模な水田地帯である大湊村において、炭化水素の自動測定機により大気中のメタン濃度を測定し、県内の一般環境大気測定局の測定結果と併せて検討した結果、次のことが判明した。

- (1) 水田地帯で大気中のメタン濃度は、6月から8月にかけて大きなピークがみられ、薩摩らが報告している一般環境濃度の変動と異なり、夏期に高い傾向がみられた。

また、周辺に水田が存在している一般環境大気測定局での大気中のメタン濃度も、夏期に高い傾向がみられ、水田の影響を受けているものと考えられる。

- (2) 水田地帯で夏期に大きな濃度変動がみられたが、夏期は水田が大きなメタン発生源となっており、風の状態により蓄積、拡散がおこり、濃度変化が大きくなることが分かった。

#### 参考文献

- 1) 中澤高清：大気汚染学会講演要旨集，第33回，121 (1992)
- 2) 薩摩林光：長野県衛公研報告，11, 8 (1988)
- 3) 大石興弘：大気汚染学会講演要旨集，第32回，227 (1991)

# 市街地と後背地における酸性雨及びその降水成分に関する調査研究

児玉 仁 井島 辰也 成田 理 久米 均

## 1 はじめに

市街地とその後背地での酸性雨の性状の差は、昭和59年からの調査で確認されており、pHは市街地に対し後背地で低くなるとされている<sup>1)</sup>。その要因としては、夏期及び冬期においても、主にpHを低くする成分は $\text{NO}_3^-$ 、高くする成分は $\text{Ca}^{2+}$ であることを確認している<sup>1-2)</sup>。市街地での降水は地表付近の浮遊粉塵の影響を強く受け、 $\text{Ca}^{2+}$ の濃度比率が高くなることで、pHの低下が抑制されている<sup>3-4)</sup>。本年度は、これらの調査結果をふまえ、人為的に発生する浮遊粉塵の影響の少ない測定地点を追加して、酸性雨の機構を明らかにするために調査を実施した。そして、市街地と人為的影響の少ない地点での特徴を明らかにするとともに、その成分の取り込み方について若干の解析を試みたので報告する。

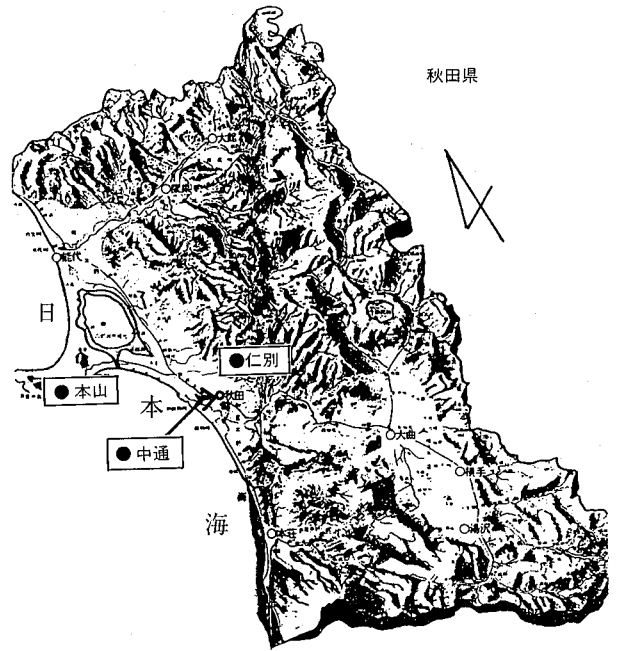


図1 調査地点

## 2 調査方法

### 2.1 調査地点

表1及び図1に、調査地点を示した。

表1 調査地点

地点名	設置場所	調査地点の特徴
中通	秋田市 秋田保健所屋上	海岸から約5kmの市街地、標高46m。
仁別	秋田市 旭川ダム管理事務所屋上	中通より北東へ約12kmの近山間部、海岸からの水平距離約20km、標高約115m。
本山	男鹿市 NTT本山無線中継所敷地内	中通より北西へ約40kmの山頂。海岸からの水平距離約3km、標高約650m。

## 2.2 調査期間

平成3年4月から平成4年3月の52週を対象とした。(なお、本山は冬期間の試料採取が困難なことから、平成3年5月から平成3年12月第2週までとした。)

## 2.3 採取方法

原則として月曜日14時から次週月曜日14時までの7日間を1検体とした。採取装置を図2に示した。降雨期(4月1週目から12月2週目)は図のろ過式採取器を用いた。また降雪期(12月3週目から3月最終週)は採雪器を用いて採取した試料を0.8 $\mu$ mのメンブランフィルターでろ過したものを検体とした。

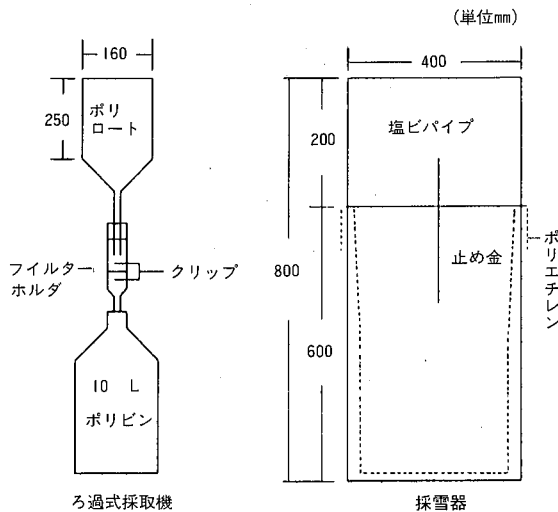


図2 採取装置

## 2.4 調査項目

降水量、pH、電気伝導率(EC)、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ の8項目のイオン成分量を調査した。

## 2.5 分析方法

分析方法を表2に示す。

表2 降水の分析方法

分析項目	分析方法
pH	JIS K 0102.12.1
EC	JIS K 0102.13
$\text{SO}_4^{2-}$	イオンクロマト法
$\text{NO}_3^-$	〃
$\text{Cl}^-$	〃
$\text{Na}^+$	原子吸光法
$\text{Ca}^{2+}$	〃
$\text{Mg}^{2+}$	〃
$\text{NH}_4^+$	インドフェノール吸光光度法

## 3 調査結果及び考察

降水量で重みづけをした平均成分濃度(以下、単に『平均濃度』という)を表3に示した。

### 3.1 降水量

月別の降水量を図3.1に示した。地点別には降水量に多少の差はあるが、月別推移は概ね似通ったパターンを示した。検体毎でも、地点間には降水量に多少の差があるが、週毎の変動は概ね似通った傾向を示した。

### 3.2 pH

図3.2に、月別の平均pHを示した。月別では、最高は、中通的6.65(3月)で最低は仁別の4.33(2月)だった。各測定地点とも4月から11月までは、pH5.0~5.5前後の値で推移したが、12月以降仁別でpHが4.5前後まで低下し、市街地である中通との差がおおきくなった。地点別のpHでは、4月を除き調査期間を通じて仁別が低い値を示した。本山では8月、9月に中通よりも高いpHを示したが、概ね中通と仁別の中間程度のpHを示した。全試料の平均pHは、中通が5.08、仁別4.68、本山4.88だった。

表3 平均成分濃度

地点	観測月	降水量 mm	pH	EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\text{SO}_4^{2-}$ mg/ℓ	$\text{NO}_3^-$ mg/ℓ	$\text{Cl}^-$ mg/ℓ	$\text{Na}^+$ mg/ℓ	$\text{K}^+$ mg/ℓ	$\text{Ca}^{2+}$ mg/ℓ	$\text{Mg}^{2+}$ mg/ℓ	$\text{NH}_4^+$ mg/ℓ
中通	91/4	101.3	5.13	21.11	2.63	0.86	1.47	0.99	0.06	0.48	0.11	0.54
	5	122.0	5.46	28.16	4.07	1.51	2.20	1.44	0.12	0.83	0.24	0.93
	6	239.0	4.94	19.04	3.12	0.88	0.59	0.36	0.05	0.21	0.06	0.99
	7	314.5	4.99	17.53	2.36	0.65	1.19	0.68	0.07	0.13	0.11	0.59
	8	252.0	5.18	10.69	1.90	0.58	0.27	0.19	0.05	0.21	0.03	0.59
	9	127.3	5.06	10.50	1.41	0.61	0.62	0.32	0.01	0.16	0.03	0.23
	10	209.1	5.16	25.32	2.07	0.54	3.32	1.92	0.08	0.28	0.24	0.40
	11	265.6	4.76	55.02	4.63	1.06	7.86	4.62	0.23	0.74	0.56	0.62
	12	165.5	5.22	115.15	6.72	1.30	20.37	11.63	0.42	1.89	1.45	0.64
	92/1	170.6	5.33	129.18	7.09	1.25	24.14	13.39	0.54	2.53	1.62	0.61
	2	127.2	5.34	81.45	6.30	1.75	14.72	8.30	0.43	2.14	0.89	0.85
	3	86.6	6.65	44.32	4.46	1.51	4.10	2.25	0.24	2.80	0.42	0.69
	平均	2180.6	5.08	43.51	3.71	0.96	6.23	3.55	0.18	0.84	0.44	0.64
	仁別	91/4	113.5	5.79	12.01	1.44	0.74	0.92	0.66	0.01	0.63	0.08
5		170.2	5.14	23.31	2.67	1.43	1.81	1.20	0.09	0.68	0.19	0.61
6		363.1	4.69	16.56	2.27	0.90	0.46	0.27	0.04	0.11	0.05	0.54
7		409.2	4.82	18.48	2.28	0.72	1.22	0.70	0.07	0.09	0.10	0.38
8		291.3	4.82	11.84	1.86	0.70	0.30	0.18	0.03	0.08	0.03	0.40
9		113.4	4.90	9.07	1.13	0.58	0.32	0.14	0.01	0.04	0.01	0.15
10		229.2	5.12	20.90	1.58	0.49	2.72	1.58	0.08	0.15	0.20	0.21
11		267.8	4.59	48.37	4.04	0.94	6.89	4.22	0.21	0.33	0.49	0.38
12		129.6	4.41	75.15	5.15	1.08	13.23	6.92	0.29	0.39	0.85	0.37
92/1		191.3	4.38	81.60	5.60	1.14	14.69	7.97	0.38	0.40	0.87	0.44
2		157.4	4.33	72.62	5.41	1.75	11.44	6.38	0.35	0.60	0.64	0.60
3		84.4	4.54	44.48	4.18	1.37	4.42	2.24	0.22	0.60	0.33	0.52
平均		2520.6	4.68	32.40	2.95	0.92	4.11	2.32	0.13	0.27	0.27	0.41
本山		91/4										
	5	85.2	5.31	19.85	2.48	1.55	1.19	0.91	0.38	0.57	0.20	0.38
	6	189.9	4.80	15.01	2.03	0.81	0.54	0.31	0.10	0.08	0.06	0.48
	7	348.6	4.86	16.73	1.86	0.56	1.41	0.79	0.09	0.07	0.11	0.19
	8	176.0	5.37	9.65	1.56	0.61	0.38	0.25	0.05	0.25	0.05	0.30
	9	103.0	5.25	15.08	1.73	0.43	1.08	0.57	0.07	0.14	0.06	0.30
	10	116.8	4.94	34.69	3.32	0.85	5.86	3.33	0.30	0.33	0.29	0.65
	11	175.1	4.61	48.66	3.80	1.01	7.72	4.31	0.26	0.33	0.52	0.40
	12	76.1	4.65	60.60	4.32	0.83	10.59	6.00	0.23	0.40	0.71	0.33
	92/1											
	2											
	3											
	平均	1270.8	4.88	24.25	2.42	0.77	2.92	1.67	0.15	0.22	0.20	0.35

\*降水量だけは平均ではなく、総降水量を示す。

### 3.3 EC

図3.3に、月毎のECを示した。各地点とも11月以降急激に高くなり、中通、仁別では1月にピークを示し、3月まで漸次減少する傾向を示した。これについては、この期間北西の風が卓越し、降水中の海塩由来粒子量が増えるためと考えられる<sup>1)</sup>。

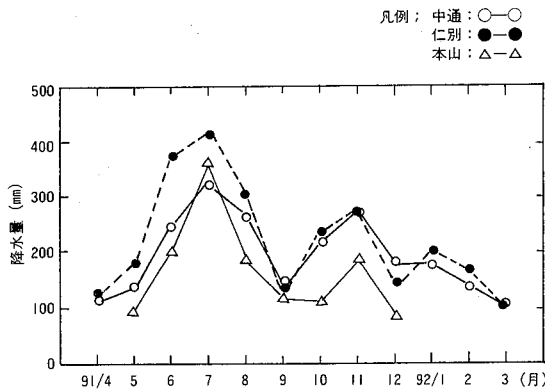


図3.1 月別降水量の推移

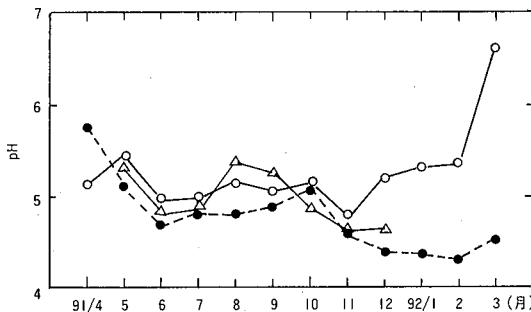


図3.2 月別pHの推移

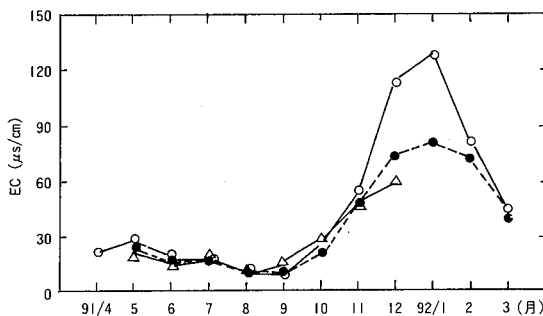


図3.3 月別ECの推移

### 3.4 各イオン成分

図4.1～図4.8に、各イオンの平均濃度を示した。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は、5月と1月にピークを示し、地点別では、概ね年間を通じて中通で高値を示した。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は、2月と5月にピークを持ち、冬期に高値を示した。Cl<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>は良く似た推移を示し、4月から10月頃まで比較的低値を示した。各地点とも11月以降は高値を示し、この期間地点間の濃度差が大きくなり、1月にピークを示した後、3月まで漸次減少する傾向を示した。Ca<sup>2+</sup>は、中通で12月から3月に高値を示したが、仁別と本山での増加は微量だった。K<sup>+</sup>は、中通、仁別で冬期に高く、1月にピークを示したが、本山では5月及び10月から12月に高値を示した。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は、9月に地点間の差が小さくなるが、年間を通じ概ね中通が高く、仁別、本山下で低い値を示した。

県内の降水成分の特徴としては、11月頃から海塩粒子の影響を強く受けること、また、冬期間には市街地でCa<sup>2+</sup>などの浮遊粉塵の影響と思われる成分が増加する事が報告されている<sup>1-4)</sup>。図5に、全試料についてのCl<sup>-</sup> (μg/ml)/Na<sup>+</sup> (μg/ml)比を示した。傾きK=1.790と海水の組成比1.798と良く一致した。前述のように、11月以降Na<sup>+</sup>の濃度が高くなることから、本調査においても冬期に海塩粒子の影響を強く受けていることがわかる。従って、便宜上季節区分を、海塩の影響を強く受けること、測定した多くの成分が11月から3月に高値を示すことから、4月から10月と11月から3月までの期間に区分して前者を夏期、後者を冬期とする。本調査では、本山のデータと比較が出来るだけ行えるように、夏期区分を5月から10月、冬期区分を11月、12月とし、参考値として11月～3月の平均デ



一タを示すこととする。

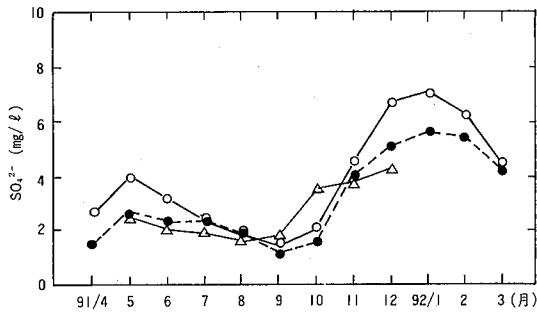


図 4.1  $\text{SO}_4^{2-}$

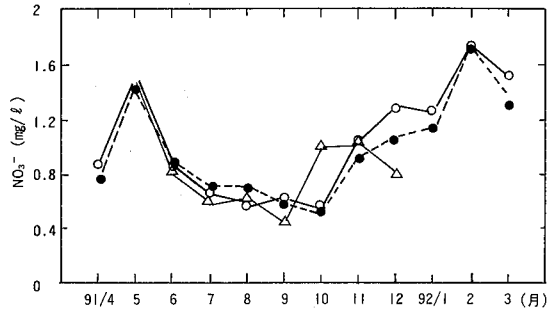


図 4.2  $\text{NO}_3^-$

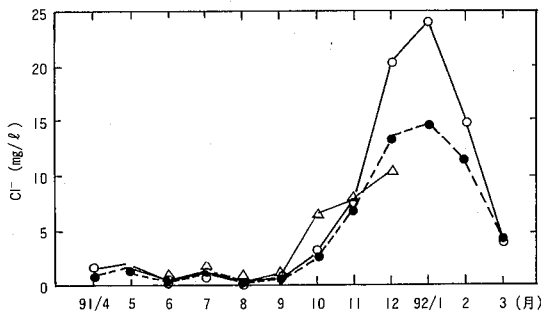


図 4.3  $\text{Cl}^-$

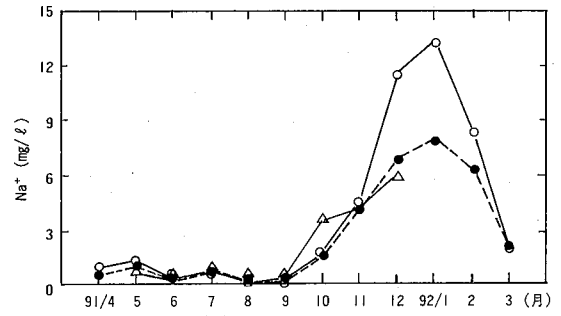


図 4.4  $\text{Na}^+$

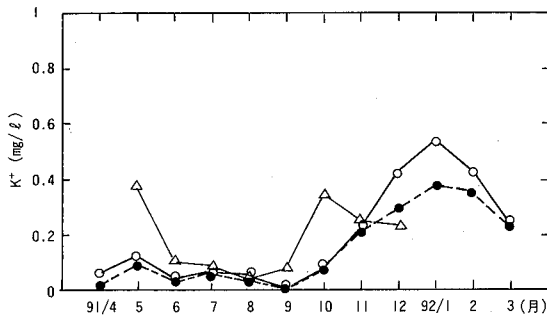


図 4.5  $\text{K}^+$

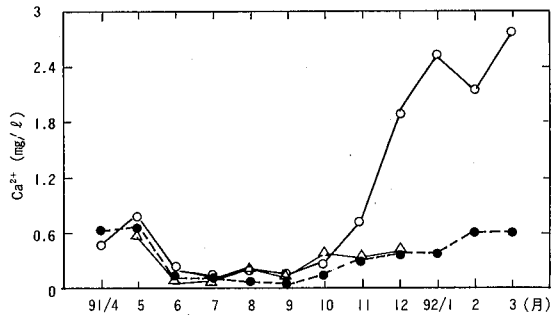


図 4.6  $\text{Ca}^{2+}$

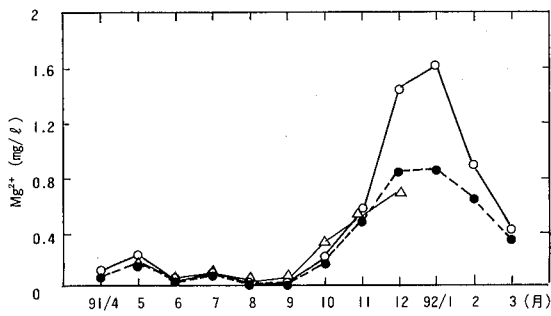


図 4.7  $\text{Mg}^{2+}$

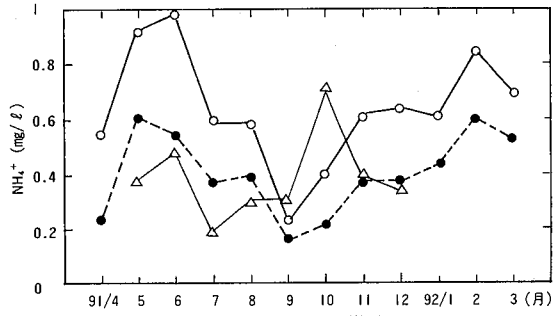


図 4.8  $\text{NH}_4^+$

中通：○—○ 仁別：●—● 本山：△—△

図 4 平均成分濃度の月別変化

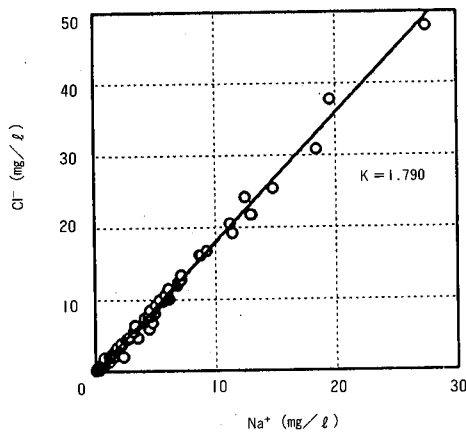


図5 Cl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>比

表4及び図6に、季節区分毎の平均濃度を示した。夏期での各イオンの総イオン当量濃度は中通が198.7(μeq/l)、次いで本山187.5(μeq/l)、仁別168.6(μeq/l)だった。濃度を成分別に比較すると、本山中でNa<sup>+</sup>とCl<sup>-</sup>濃度が最も高いが、そのほかの成分は、仁別と本山は比較的よく似ていた。これに対し中通では、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Ca<sup>2+</sup>及びNH<sub>4</sub><sup>+</sup>の濃度が他2地点と比較して高かった。

冬期での各イオンの総イオン当量濃度は、中通が高く996.1(μeq/l)、次いで仁別706.8(μeq/l)、本山666.3(μeq/l)だった。成

分毎の比較では、中通で全成分とも高濃度を示した。仁別と本山の比較では、Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>及びSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の濃度が幾分仁別で高いが、全体的によく似ていた。組成比を図7に示した。夏期区分では、Mg<sup>2+</sup>を除く各成分に、地点間での組成比の違いがみられる。一方、冬期区分では、Na<sup>+</sup>とCl<sup>-</sup>の比率が高くなり、各地点での組成比が似か寄り、仁別・本山に比べ中通で幾分Ca<sup>2+</sup>の比率が高く、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の比率が低い。

### 3.5 非海塩性成分

前述のように、Cl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>比が海水の組成と良く一致することから、Na<sup>+</sup>を指標として海塩性由来の成分量を計算できる。降水中の成分濃度から、この海塩性成分の濃度を引いたものを非海塩性成分濃度とし(以下、各成分に『nss-』を前置して表す)、表5及び図8に季節毎の非海塩性成分濃度を示した。

季節毎に非海塩性成分の主たる発生源と考えられる『中通』と、中通のバックグラウンド地としての『本山』を比較すると表6のようになる。

表4 季節区分ごとの平均濃度

期間	項目	H <sup>+</sup> μeq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> μeq/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> μeq/l	Cl <sup>-</sup> μeq/l	Na <sup>+</sup> μeq/l	K <sup>+</sup> μeq/l	Ca <sup>2+</sup> μeq/l	Mg <sup>2+</sup> μeq/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μeq/l	Total μeq/l
中通S(5~10月)		8.3	50.7	12.0	36.3	33.2	1.6	12.8	9.1	34.9	198.7
仁別S(5~10月)		14.1	42.9	12.8	30.8	28.1	1.5	8.2	7.7	22.5	168.6
本山S(5~10月)		10.6	42.6	11.6	43.1	38.6	3.4	9.2	9.3	19.1	187.5
中通W(11~12月)		13.1	113.2	18.6	357.1	317.9	7.8	59.1	74.4	34.7	996.1
仁別W(11~12月)		30.3	91.6	15.8	252.7	221.9	6.1	17.6	49.9	20.8	706.8
本山W(11~12月)		23.7	82.4	15.4	242.4	209.7	6.4	17.7	47.6	21.0	666.3
中通W(11~3月)		8.6	121.1	21.1	408.3	356.5	9.3	89.2	82.2	36.8	1133.2
仁別W(11~3月)		36.0	100.9	19.4	290.2	248.5	7.4	21.6	53.1	24.8	801.9

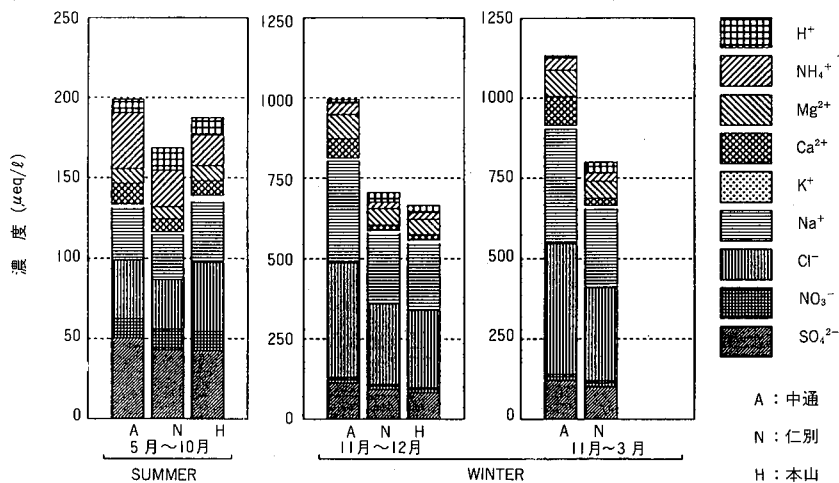


図6 季節区分別平均組成

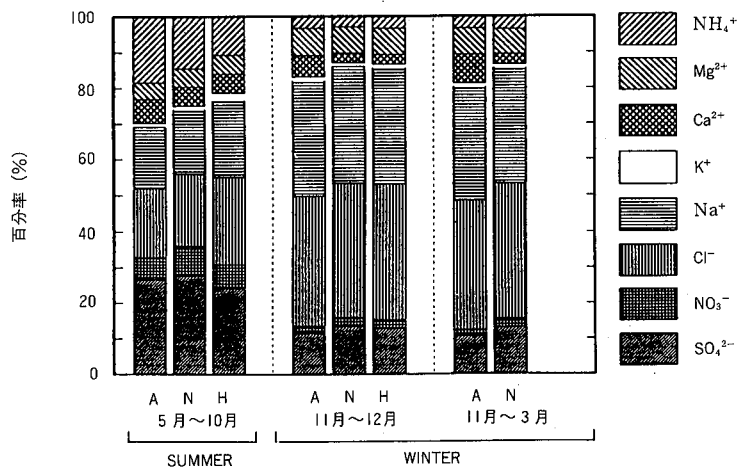


図7 成分組成比

表5 非海塩性成分の平均濃度

期間	項目	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> μeq/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> μeq/l	K <sup>+</sup> μeq/l	Ca <sup>2+</sup> μeq/l	Mg <sup>2+</sup> μeq/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μeq/l	Total μeq/l
中通S(5~10月)		46.7	12.0	0.9	11.3	1.5	34.9	107.3
仁別S(5~10月)		39.5	12.8	0.9	7.0	1.3	22.5	83.9
本山S(5~10月)		38.0	11.6	2.5	7.5	0.5	19.1	79.1
中通W(11~12月)		75.0	18.6	1.1	45.3	1.9	34.7	176.6
仁別W(11~12月)		65.0	15.8	1.4	7.9	—	20.8	111.0
本山W(11~12月)		57.2	15.4	1.9	8.6	—	21.0	104.1
中通W(11~3月)		78.2	21.1	1.8	73.7	0.9	36.8	212.6
仁別W(11~3月)		71.0	19.4	1.2	10.8	—	24.8	128.2

—は負の値を示す

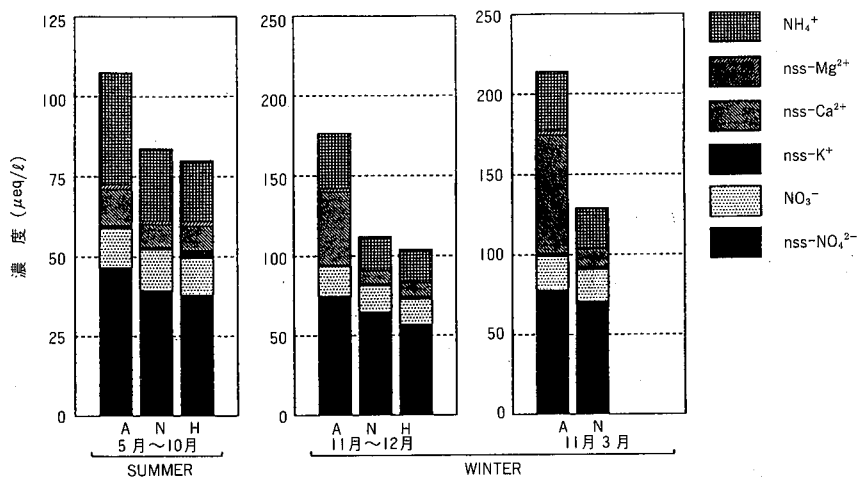


図8 非海塩成分濃度

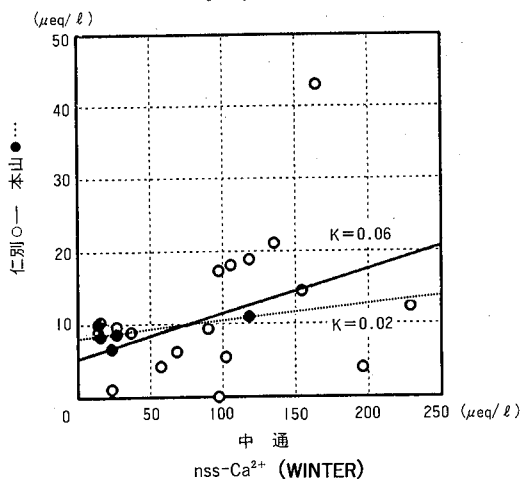
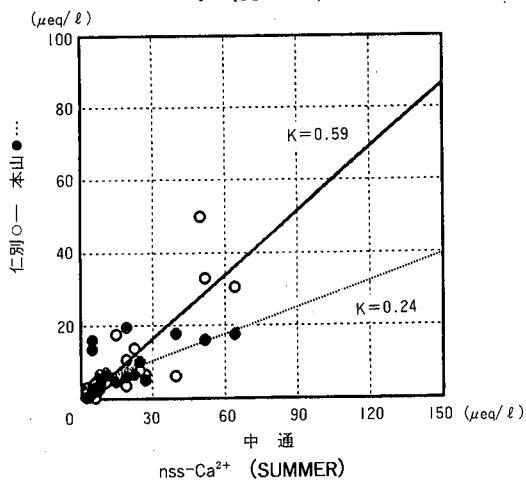
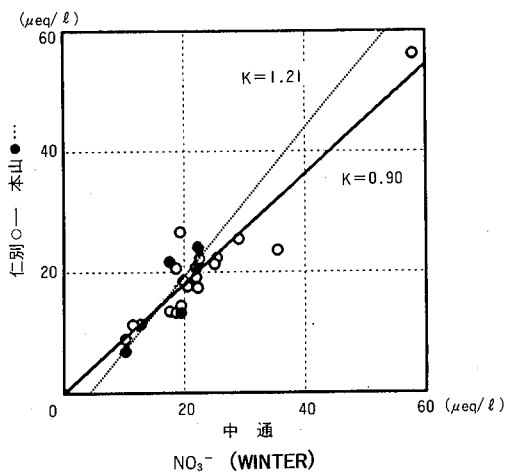
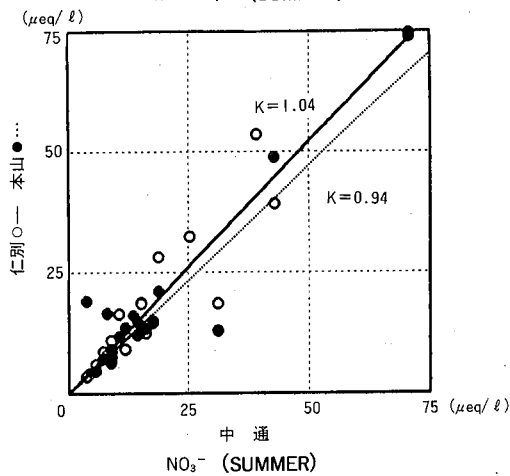
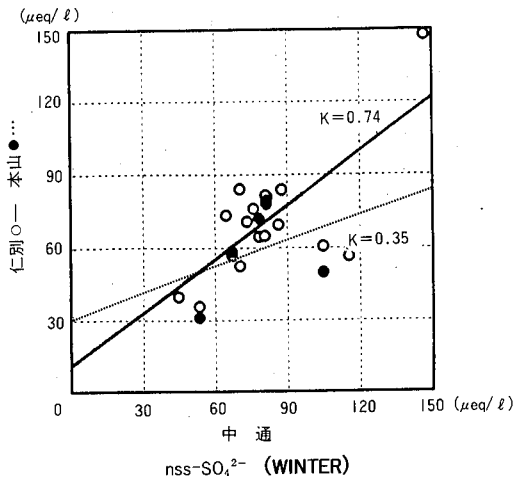
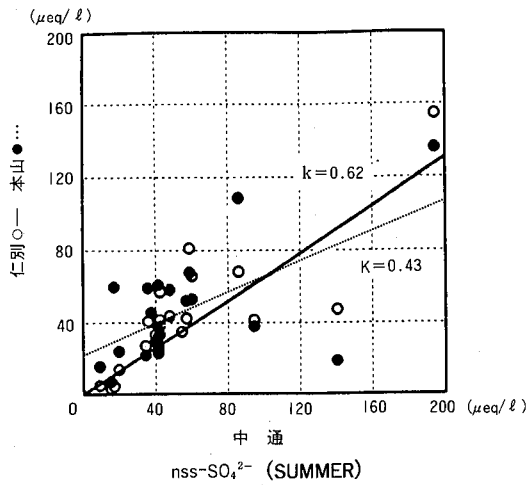
表6 中通と本山の比較

イオン項目	季節区分 地点 倍率	夏 期			冬 期		
		中通	本山	中通/本山	中通	本山	中通/本山
		μeq/l	μeq/l	倍率	μeq/l	μeq/l	倍率
nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		46.7	38.0	1.23	75.0	57.2	1.31
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		12.0	11.6	1.03	18.6	15.4	1.21
nss-K <sup>+</sup>		0.9	2.5	0.36	1.1	1.9	0.58
nss-Ca <sup>2+</sup>		11.3	7.2	1.56	45.3	8.6	5.27
nss-Mg <sup>2+</sup>		1.5	0.5	3.00	1.9	—	—
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		34.9	19.1	1.83	34.7	21.0	1.65

—は負の値を示す

表6からわかるように、中通では夏期にはnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、nss-Ca<sup>2+</sup>、nss-Mg<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>が、冬期ではnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、nss-Ca<sup>2+</sup>、nss-Mg<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の濃度が高所である本山よりも高い。このことから、中通では降水濃度中の比較的多くの量が、ウォッシュアウト（降水が高層より降下してくる間に大気中の浮遊粉塵を取り込む）により取り込まれている可能性を示唆している。

このことをさらに検討するために、検体毎の相関散布図を図9に示した。また、表7に相関係数；Rと、最小二乗法による傾き；Kを示した。



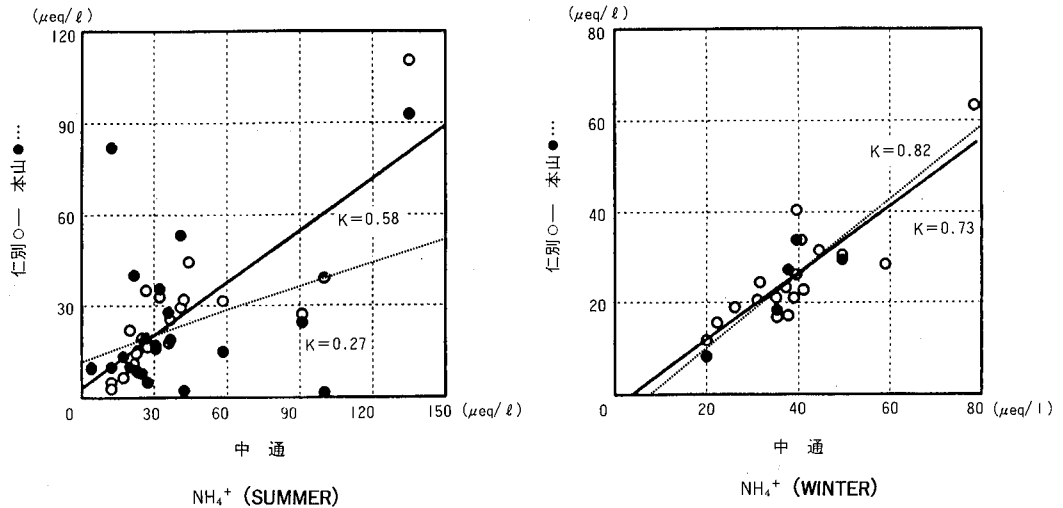


図9 地点間相関

表7 地点間相関

項目	地点	中通一本山			中通一仁別		
		データ数	相関係数R	傾きK	データ数	相関係数R	傾きK
nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SUMMER	21	0.602**	0.43	22	0.826**	0.62
	WINTER	5	0.356	0.35	19	0.715	0.74
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SUMMER	21	0.869**	0.94	22	0.952**	1.04
	WINTER	5	0.830	1.21	19	0.938**	0.90
nss-Ca <sup>2+</sup>	SUMMER	21	0.634**	0.24	22	0.824**	0.59
	WINTER	5	0.658	0.02	19	0.370	0.06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SUMMER	21	0.349	0.27	22	0.832**	0.58
	WINTER	5	0.853	0.82	19	0.850**	0.73

\*\*は危険率1%で有意

相関の有無及び傾きKについては、以下のよう考えることが出来る。

◎ (中通一本山の場合)

ここで、高所である本山では、ウオッシュアウトによる取り込みが無く、且つ2地点の降水のレインアウトによる濃度が等しいと仮定すると、中通でのウオッシュアウトによる取り込みが無い場合は、両地点の降水は全く同じ成分組成を持つことから、各成分濃度間の関係は、傾き；K=1、相関係数；R=1となる。また、中通での降水の成分濃度の半量がウオッシュアウトにより取り込まれた場合、

傾きK=0.5、相関係数R=1となる。すなわち、傾きKは、中通でウオッシュアウトにより取り込まれる成分割合が大きければ、Kの値は小さくなる。

相関係数Rは検体(降雨)毎のばらつき度合いを表す指標と考えられ、レインアウトによるばらつきは無いと仮定したことから、Rはウオッシュアウトにより取り込まれる量のばらつきを表すことになる。また、中通で、ウオッシュアウトにより取り込まれる成分の量、或いは比率が本山の濃度に対し一定とした場合、R=1となるから、Rが小さければウ

#### 相関がある場合

- 傾きKが1に近いとき — レインアウトにより大部分が取り込まれている
- 傾きKが1より小さいとき — レインアウトとウォッシュアウトの両方の取り込み方が寄与している。Kが小さいほどウォッシュアウトの寄与が大きい。

※相関係数Rが小さいほどウォッシュアウトによる取り込みによる寄与が大きい。

#### 相関がない場合

- ウォッシュアウトによる取り込みが大きな寄与をし、局地的に取り込みがおこっている。

ウォッシュアウトにより取り込まれる成分の量、或いは比率が本山の濃度に対し一定とした場合、 $R=1$ となるから、Rが小さければウォッシュアウトにより取り込まれる量、或いは比率が一定ではないと言える。さらに、全量に対しウォッシュアウトにより取り込まれる割合が大きければ、さらにRは小さくなり、局地的な取り込みの影響が大きいと考えられる。以上をまとめると、以下のように書き表すことができる。

#### ◎ (中通—仁別の場合)

Kの値は、中通と仁別のウォッシュアウトとレインアウトにより取り込まれたトータルの濃度差を表すと考えられる。すなわち、Kが1から離れれば離れるほど、ウォッシュアウトにより取り込まれる量に差があることを表す。

Rについては、中通—本山の場合と同じように考えることができ、局地的な取り込みの場合はRが小さくなる。

以上のように考えると、中通での降水成分の取り込みは、中通—本山の関係から、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ の夏期では、 $K=0.43$  ( $R=0.602$ ) で、中通の降水成分の取り込みは、ウォッシュアウトによる取り込みが比較的大きな部分を占

めると考えられる。冬期も $K=0.35$ で相関が認められないことから、ウォッシュアウトによる取り込みが大きな寄与をし、局地的な取り込みが起きているものと考えられる。

$\text{NO}_3^-$ では、夏期、冬期とも、 $K>0.9$ と1に近く、 $R>0.8$ と高いことから、レインアウトにより大部分が取り込まれていると考えられる。

$\text{nss-Ca}^{2+}$ の夏期では $K=0.23$  ( $R=0.634$ ) で、中通でのウォッシュアウトによる取り込みが大きいと考えられる。冬期でも $K=0.02$  ( $R=0.658$ ) とKが小さく、ウォッシュアウトによる取り込みが大きな寄与をし、中通地点での局地的な取り込みが起きているものと考えられる。

$\text{NH}_4^+$ では、夏期は $K=0.27$ で $R=0.349$ と相関が低いことから、ウォッシュアウトによる取り込みが大きな寄与をし、局地的な取り込みが起きているものと考えられる。一方、冬期では $K=0.82$ で $R=0.853$ と、Rも大きいことからレインアウトによる寄与が大きいと考えられる。

中通—仁別の関係からは、 $\text{NO}_3^-$ が夏期、冬期とも $K>0.9$ で $R>0.93$ と高く、検体毎の濃度が良く似ていることがわかる。すなわち、前述のようにレインアウトによる取り込みを

示唆するものである。

nss-Ca<sup>2+</sup>では、冬期ではK=0.06でR=0.37と相関が無いことから、ウォッシュアウトによる局地的な取り込みと考えられる。

その他の成分では、傾きKは0.6~0.7前後で、Rは0.7以上を示し、2地点間で比較的高い相関がみられた。

以上をまとめると、中通での降水成分の取り込み方については、表8のようにまとめることができる。

組成比

非海塩性成分の組成比を、図10に示した。

夏期区分では、中通でアニオンが約55%、仁別62%、本山62%だった。一方、pHの低下を抑制する働きをするCa<sup>2+</sup>は中通10.5%で、仁別、本山でも8~9%を占め、3地点間の差は少なかったが、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は中通が32.5%、仁別26.8%、本山23.8%と地点間における差が大きかった。仁別、本山に比べ中通では、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の比率が高く相対的にアニオンの比率が減少する。

冬期区分では、中通ではアニオンが53%で、夏期55%とあまり差がなかった。一方、仁別73% (夏期62%)、本山79% (夏期62%)とpH

表8 中通での降水成分の取り込まれ方の寄与

	夏 期	冬 期
nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ウォッシュアウト ∨ レインアウト	ウォッシュアウト ∨ レインアウト
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	レインアウト	レインアウト
nss-Ca <sup>2+</sup>	ウォッシュアウト	ウォッシュアウト
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	ウォッシュアウト ∨ レインアウト	ウォッシュアウト ∧ レインアウト

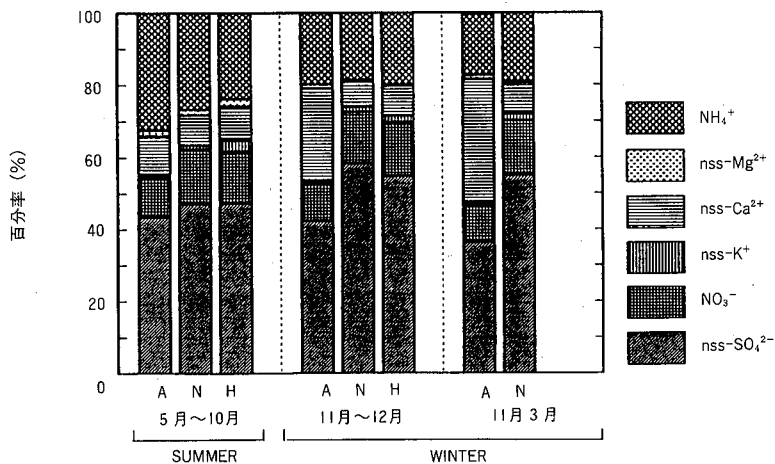


図10 非海塩性成分組成比



を低くするアニオン成分の比率が、仁別と本山で高くなっていた。

仁別では、11月～3月区分と11月～12月区分の間で組成比に差がないが、中通における  $\text{nss-Ca}^{2+}$  は、11～12月区分では25.7%であったものが、11～3月区分では34.6%と高くなり、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  はそれぞれ42.4%から36.7%、10.5%から9.9%に低下している。

#### 4 重回帰分析

降水成分がpHにどのように影響しているかを検討するために、検体毎の当量イオン濃度を用い、季節毎に重回帰分析(変数増減法、2% F値による打ち切り)を行った結果を以

下に示す。目的変数を $\text{H}^+$ 、説明変数を海塩粒子量として $\text{Na}^+$ 及び非海塩性成分量として $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{nss-K}^+$ 、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ 、 $\text{nss-Mg}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ を用いた。

夏期区分では、各地点ともpHを高める成分としては、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ と $\text{NH}_4^+$ が、また低下させる成分は、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ と $\text{NO}_3^-$ が作用している。偏回帰係数の絶対値の大きさの比較から、その寄与は、中通、本山では $\text{nss-Ca}^{2+} > \text{NH}_4^+$ だったが、仁別では $\text{NH}_4^+ > \text{nss-Ca}^{2+}$ である。

冬期の中通では、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ がpHに大きく影響を与えている。仁別では、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ がpHを低め、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ がpHの低下を抑えている。本山では、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ がpHを低

夏期

$$\text{中通 } \text{H}^+ = 3.82 - 0.37 [\text{nss-Ca}^{2+} (-2.05)] - 0.20 [\text{NH}_4^+ (-1.09)] \\ + 0.22 [\text{nss-SO}_4^{2-} (1.68)] + 0.42 [\text{NO}_3^- (1.18)]$$

$$R^2 = 0.677$$

( $R^2$ は自由度再調整済決定係数、[ ]の中の( )内の数値はその成分の偏回帰係数。以下同様)

$$\text{仁別 } \text{H}^+ = 6.22 - 0.61 [\text{NH}_4^+ (-1.05)] - 0.26 [\text{nss-Ca}^{2+} (-0.60)] - 0.07 [\text{Na}^+ (-0.22)] \\ + 0.51 [\text{nss-SO}_4^{2-} (1.26)] + 0.38 [\text{NO}_3^- (0.51)]$$

$$R^2 = 0.808$$

$$\text{本山 } \text{H}^+ = 0.91 - 0.64 [\text{nss-Ca}^{2+} (-1.13)] - 0.33 [\text{NH}_4^+ (-0.71)] \\ + 0.47 [\text{nss-SO}_4^{2-} (1.27)] + 0.43 [\text{NO}_3^- (0.62)]$$

$$R^2 = 0.888$$

冬期

$$\text{中通 } \text{H}^+ = 15.44 - 0.10 [\text{nss-Ca}^{2+} (-0.74)]$$

$$R^2 = 0.703$$

$$\text{仁別 } \text{H}^+ = 3.19 - 1.03 [\text{nss-Ca}^{2+} (-7.24)] \\ + 1.21 [\text{NO}_3^- (5.17)] + 0.29 [\text{nss-SO}_4^{2-} (2.65)]$$

$$R^2 = 0.890$$

$$\text{本山 } \text{H}^+ = -6.84 - 0.04 [\text{Na}^+ (0.38)] \\ + 0.63 [\text{nss-SO}_4^{2-} (1.16)] + 0.16 [\text{NO}_3^- (0.11)]$$

$$R^2 = 0.999$$

めるが、pHを高くする成分としては、海塩粒子の指標であるところの $\text{Na}^+$ が作用し、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ はpHに影響していない。海塩粒子がpHに影響を与えることについては、海水のpHが8.3と高い値である為か、或いは海塩粒子が運ばれ易い条件の時に、同じ方向からpHの低下を抑制するような成分が運ばれてくるということも考えられるが、今回用いたデータ数 ( $n=5$ ) が少ないことと偏回帰係数の絶対値が0.38と小さいことから、この点については、十分な検討が必要と思われる。

## 5 まとめ

秋田市街地における降水の酸性化機構を把握するために、本年度は新たに高所で、且つ人為的影響の少ない測定地点として、本山山頂を追加調査研究を実施した。その結果、秋田市街地での降水の特性について、以下のような知見を得た。

- 1) 降水中の非海塩性成分量は、夏期では中通 $107.4\mu\text{eq}/\ell$ 、仁別 $84.0\mu\text{eq}/\ell$ 、本山 $80.3\mu\text{eq}/\ell$ 、冬期では中通 $176.6\mu\text{eq}/\ell$ 、仁別 $111.3\mu\text{eq}/\ell$ 、本山 $104.2\mu\text{eq}/\ell$ と中通の降水量が多く、特に冬期に各地点とも降下濃度が増加した。
- 2) 中通での、非海塩性成分のウオッシュアウトによる取り込みは、夏期には $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{nss-Mg}^{2+}$ 、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、冬期では $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ 、 $\text{nss-Mg}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ と推測できた。
- 3) 地点間の相関散布図を描くことにより、以下のことが推測された。

$\text{nss-SO}_4^{2-}$ は、夏期、冬期ともウオッシュアウト>レインアウトによる複合的な取り込みがされている。

$\text{NO}_3^-$ は、夏期、冬期ともレインアウト

により取り込まれている割合が大きい。

$\text{nss-Ca}^{2+}$ は、夏期、冬期ともウオッシュアウトによる取り込みの寄与が大きく、局地的な取り込みがされていると考えられた。

$\text{NH}_4^+$ は、夏期はウオッシュアウトによる取り込みの寄与が大きい、冬期はレインアウトによる取り込みの寄与が大きいと考えられた。

- 4) 重回帰分析の結果から、夏期では各地点とも $\text{nss-Ca}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ がpHの低下を抑制する方向に、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ はpHを低下させる方向に寄与している。そしてその寄与は、中通と本山では $\text{nss-Ca}^{2+} > \text{NH}_4^+$ だったが、仁別では $\text{NH}_4^+ > \text{nss-Ca}^{2+}$ だった。

また、冬期における中通と仁別では、pHの低下を抑制する成分として $\text{nss-Ca}^{2+}$ の寄与が高いのに対し、本山では、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ が寄与していない。一方、pHを低下させる成分として、仁別と本山では、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ が寄与しているのに対し、中通では、これらの成分の寄与は認められなかった。

- 5) 今回の解析では、中通が各地点にどの程度影響を与えているかまで、解析するに至らなかった。今後は、降水中の成分の取り込み機構をより明確にし、非海塩性成分の主たる発生源と考えられる中通が、近郊の地点にどの程度影響を及ぼしているかを解明することが必要かと考えられる。

## 参考文献

- 1) 齊藤 学ほか：秋田県環境技術センター年報，No12，94（1984）
- 2) 齊藤 学ほか：秋田県環境技術センター

年報, No13, 95 (1985)

3) 齊藤 学ほか：秋田県環境技術センター  
年報, No16, 55 (1988)

4) 井島 辰也ほか：秋田県環境技術センタ  
一年報, No18, 64 (1990)