

VII 報

文

沿道地域の浮遊粉じん等に関する調査研究

久米均* 湯川幸郎

1 はじめに

積雪地域の冬期において、車両の走行時の滑りを止めるためスパイクタイヤが使用されてきた。タイヤに埋め込まれた金属製のピンが路面上の雪や氷にくい込み、それまでのタイヤより優れた制動力を発揮したため広く普及し、一時ほとんどの車両がスパイクタイヤを装着していた。しかし、雪や氷が無い路面をスパイクタイヤで走行することにより、ピンによって路面の標示ペイントやアスファルトが削られ、細かい削り粉が発生した。このため、削り粉が大気中に飛散し浮遊したため、道路近傍では呼吸に対する障害となったり、また、あらゆるものに付着し汚れの原因とな

ったりした。このため東北、北海道などの積雪地域において広く社会問題化し、スパイクタイヤの使用抑制などの対策が種々とられたが、結局スパイクタイヤは使用が禁止され、平成4年度から罰則が適用（指定地域のみ、大型車は平成5年度から）されることとなった。

当センターにおいては、昭和56年度から、道路近傍における浮遊粉じん等の実態調査を行ってきている。本報では、スパイクタイヤ使用期間、スタッドレスタイヤ移行期間及び完全転換後の浮遊粉じんの濃度変化、成分変化等が、沿道地域の大气環境に与えた影響についてこれまでの概括を行う。

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/24h)
1	土崎自動車排出ガス測定局	土崎	局舎上	2	2	県道新屋土崎線	2	アスファルト	28,110
2	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	2	アスファルト	30,330
3	環境技術センター	八橋(0m)	地上(芝生)	2	0	国道7号線	2	アスファルト	43,310
4	環境技術センター	八橋(50m)	地上(芝生)	50	0	—	—	—	—
5	秋田短大跡地	鉛直(0m)	地上(上)	5	0	国道7号線	2	アスファルト	21,010
6	秋田短大跡地	鉛直(8m)	屋上	5	8	—	—	—	—
7	秋田短大跡地	鉛直(16m)	屋上	5	16	—	—	—	—

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 生活環境部 環境保全課

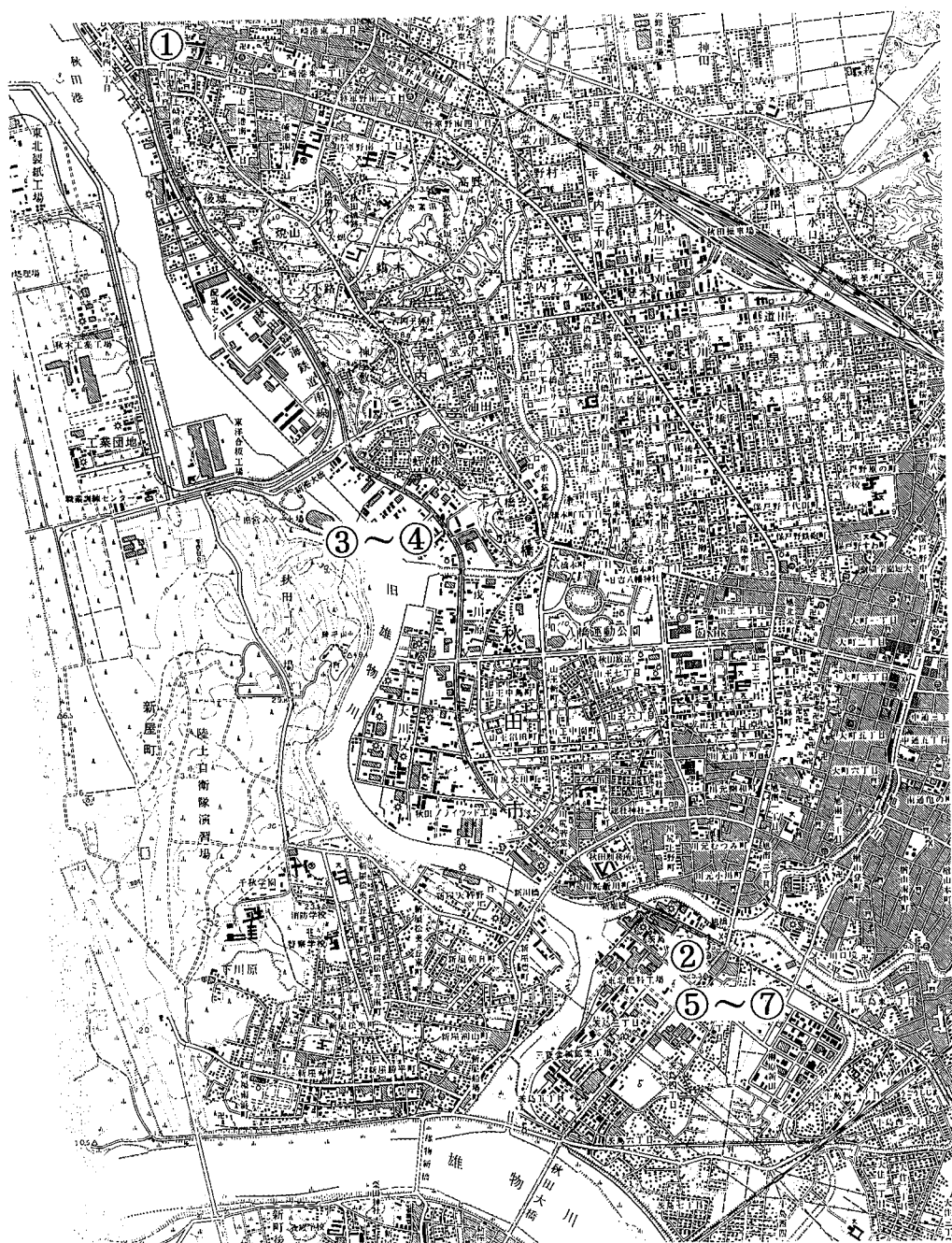


図1 調査地点

2 調査方法

2.1 調査地点の概要

調査地点は、図1、図2のとおりであり、これらの地点の概況は表1のとおりである。

2.2 調査内容は表2のとおりである。

2.3 調査時期は、スパイクタイヤ非装着期として9月～11月、スパイクタイヤ装着期として12月、1月、3月である。

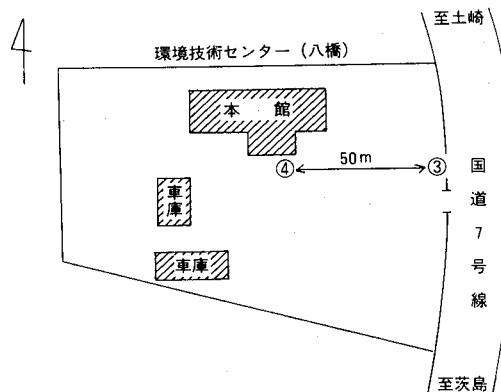


図2 調査地点

表2 調査内容

年度		S.57	S.58	S.59	S.60	S.61	S.62	S.63	H.元	H.2	H.3	H.4	H.5
項目													
浮遊粉じん	濃度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	灰化減量	○	○										
	ベンゼン抽出物質	○	○		○					○	○	○	
	金属成分	○	○		○					○	○	○	○
	粒度分布	○	○		○								
	距離減衰		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	垂直分布			○	○								
浮遊粒子状物質	濃度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ベンゼン抽出物質	○	○										
	距離減衰				○								
降下ばいじん	総量						○	○	○	○	○	○	○
	不溶性物質						○	○	○	○	○	○	○
降下堆積物	総量			○	○								
	不溶性物質			○	○								
	ベンゼン抽出物質			○									
	距離減衰			○	○								
道路堆積物	粒度分布	○	○										
	ベンゼン抽出物質	○	○										
	金属成分	○	○										
土壌	ベンゼン抽出物質			○									
意識調査						○							

2.4 調査方法

1) 浮遊粉じん

ハイボリウムエアサンプラーを用い、石英繊維ろ紙に約24時間吸引した。

2) 浮遊粒子状物質

ローボリウムエアサンプラーを用い、石英繊維ろ紙に吸引した。

3) 降下堆積物 プラスチック容器によった。

4) 灰化減量

ハイボリウムエアサンプラーろ紙(以下H.Vろ紙)の一定量を低温灰化装置により灰化し、その前後の秤量値により求めた。

5) ベンゼン抽出物質

昭和60年度以前は、H.Vろ紙(細切り)及び道路堆積物の一定量を共栓付三角フラスコに入れ、ベンゼン50mlで30分間超音波抽出後、ろ液をロータリーエバポレーターで濃縮し、あらかじめ恒量とした秤量びんに入れ赤外ランプにより乾固、恒量とし求めた。

昭和60年度以降：ソックスレー抽出法により行った。¹⁾

6) 金属成分濃度

H.Vろ紙については、硝酸、過酸化水素により加熱分解処理を行い、原子吸光度法で定量した。

道路堆積物については、トールビーカー中で硝酸、塩酸、過塩素酸分解処理後、原子吸光度法で定量した。

7) 粒度分布

浮遊粉じんについてはアンダーセンエアサンプラーを使用し、道路堆積物については粒径1mm以下の堆積物について、5種類のフルイを使用し、全量に対

する各粒径の重量比を求めた。

8) 不溶性物質質量

孔径2mmのフルイで夾雑物を除去した後ろ過し定量した。また、ろ液を電気炉で灰化放冷後定量し、不溶性物質質量をプラスして総量とした。

3 調査結果

3.1 経年変化

3.1.1 スパイクタイヤ装着率

スパイクタイヤ装着率の経年変化(秋田県土木部調べ²⁾、全県平均値)は、表3、図3のとおりである。

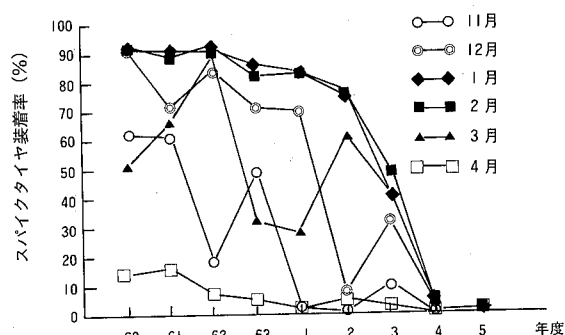


図3 スパイクタイヤ装着率経年変化(土木部調べ)

スパイクタイヤ装着率は、漸減傾向を示しつつも、平成2年度まではスパイクタイヤ装着期においては80%ないし90%強となっていた。

その後、平成3年度のスパイクタイヤ装着期に30%ないし50%となり、平成4年度には数%ないし10%と激減し、平成5年度にはおおむね0%となった。

このように、スパイクタイヤ装着率が著しく減少したのは、スパイクタイヤの使用に対する罰則規定が平成4年4月より適用(指定地域のみ、大型車は平成5年4月より適用)されたためと考えられる。

表3 スパイクタイヤ装着率の推移（全県平均）

（単位：％）

年度	11 月			12 月			1 月			2 月			3 月			4 月		
	全車	小型車	大型車	全車	小型車	大型車	全車	小型車	大型車	全車	小型車	大型車	全車	小型車	大型車	全車	小型車	大型車
60	62	70	26	91	98	62	92	97	64	93	96	70	51	54	37	14	14	18
61	61	68	27	71	79	37	91	97	60	89	96	58	66	71	36	16	16	18
62	18	19	13	84	91	45	91	97	53	93	97	70	89	93	61	7	6	11
63	49	53	32	71	77	40	86	92	56	82	87	60	32	33	32	5	4	9
元	2	2	4	70	76	47	84	87	63	83	87	62	28	28	32	2	2	3
2	1	1	1	8	8	12	77	83	44	75	83	35	61	64	39	5	5	7
3	10	10	8	32	32	29	41	44	26	49	51	31	41	43	30	3	3	4
4	0	0	1	2	1	9	5	3	16	4	2	13	3	2	11	0	0	1
5	0	0	0	1	0	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1

（土木部調べ）

3.1.2 浮遊粉じん

1) 浮遊粉じん濃度

浮遊粉じん濃度の八橋0 m地点、八橋

50 m地点、茨島地点及び土崎地点の経年変化は、表4、図4-1～5のとおりである。

表4 浮遊粉じん濃度経年変化

（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度	昭和63年度	平成元年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0 m地点	9		160	94	110									
	10					76	104	118						
	11			197		151			213	133	135	134	157	87
	12		451	220	317	58	312	263	84	488	676	402	129	60
	1				88	105	320	235	774	263	1134	709	100	59
	3	515		675	379	231	219	456	351	429	816	476	213	137
	4					197								
八橋50 m地点	9			40	48									
	10					49	57	50						
	11			60		60			44	54	48	58	58	44
	12			49	85	31	86	53	70	85	144	127	40	36
	1			72	67	49	70	74	165	55	156	108	39	40
	3			198	122	100	71	223	105	116	137	143	55	85
	4					100								
茨島地点	9		184	143										
	10						128	129						
	11			230		194			167	137	105	186	102	84
	12		380	202		66	305	187	207	227	331	237	74	48
	1			124		236	154	172	334	67	455	333	58	90
	3	494		445	479	441	213	596	350	401	512	566	211	174
	4				275	224								
土崎地点	9		142	98										
	10						131	130						
	11			152		203			123					
	12		725	275		39	358	400	194					
	1			210		371	258	280	512					
	3	670		926	391	554	362	692						
	4				175	274								

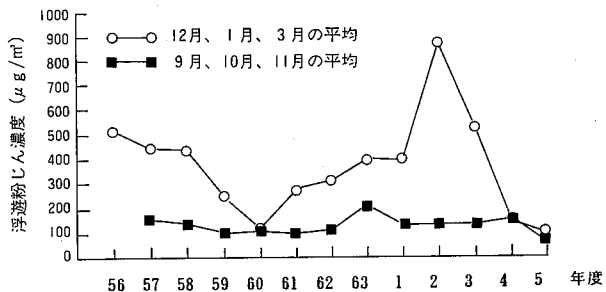


図4-1 浮遊粉じん濃度経年変化(八橋0m)

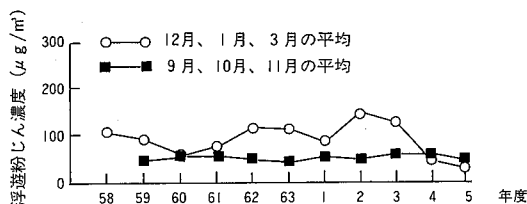


図4-2 浮遊粉じん濃度経年変化(八橋50m)

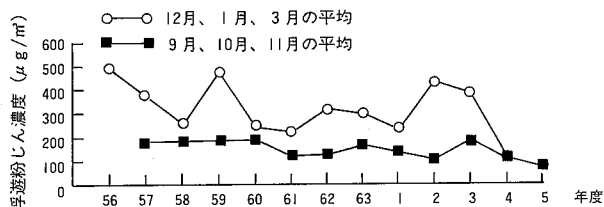


図4-3 浮遊粉じん濃度経年変化(茨島)

各地点とも、スパイクタイヤ装着期はスパイクタイヤ非装着期に比べて高い濃度で推移していたが、平成4年度には各地点で濃度が激減し、さらに平成5年度には八橋0m地点で平成4年度の半分の値に、また、他の地点でも数値が減少し、スパイクタイヤ装着期と非装着期の濃度はほぼ同じとなった。

2) ベンゼン抽出物質濃度

ベンゼン抽出物質濃度(大気吸引量あたり)及び含有率の経年変化は表5、6

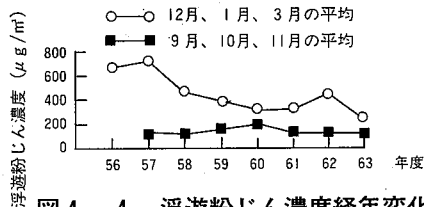


図4-4 浮遊粉じん濃度経年変化(土崎)

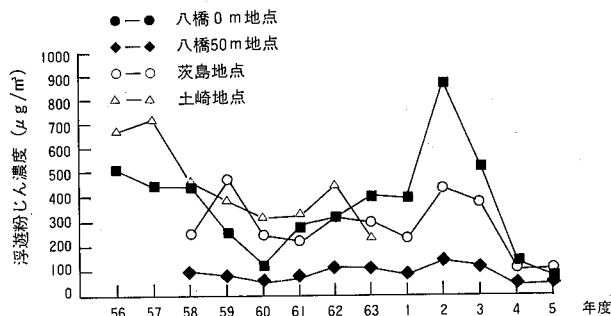


図4-5 浮遊粉じん濃度経年変化(12月、1月、3月の平均)(八橋0m、八橋50m、茨島、土崎)

のとおりである。

ベンゼン抽出物質濃度は、スパイクタイヤ非装着期に比べ、スパイクタイヤ装着期に増加している。

大気吸引量あたり濃度及び浮遊粉じん中含有率とも、平成2年度以降減少した。

浮遊粉じん中の含有率は、昭和60年度以前には、スパイクタイヤ装着期において5%~14%があったが、平成2年度以降には1%台になっている。

表5 ベンゼン抽出物質濃度経年変化

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度
八橋0m地点	9		10.3	5.9				
	10				2.8			
	11			13.9	6.5	2.6	3.3	2.7
	12		29.4	12.5	5.1	11.4	7.2	3.5
	1				10.9	16.0	11.0	1.5
	3	35.5		35.8	33.7	12.2	7.5	3.6
	4				23.4			
八橋50m地点	9			1.9				
	10				1.7			
	11			4.8	5.2	0.7	1.7	1.5
	12			2.2	2.9	2.3	2.7	0.8
	1			4.7	4.8	2.0	1.6	0.9
	3			12.8	11.7	2.6	3.6	1.0
	4				11.4			
茨島地点	9		19.3	8.3				
	10							
	11			17.1		1.4	3.6	2.3
	12		30.6	8.3		4.7	4.5	2.0
	1			10.1		5.9	4.2	1.2
	3	34.2		30.5		7.7	8.7	3.4
	4							
土崎地点	9		9.8	5.7				
	10							
	11			10.5				
	12		52.3	9.3				
	1			17.4				
	3	50.2		59.3				
	4							

表6 ベンゼン抽出物質含有率経年変化

(単位: %)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度
八橋0m地点	9		6.3	6.1				
	10				3.5			
	11			7.2	4.7	1.9	2.5	1.7
	12		10.4	6.5	8.3	1.7	1.8	2.7
	1				9.9	1.4	1.6	1.6
	3	7.2		5.9	14.7	1.5	1.6	1.7
	4				12.2			
八橋50m地点	9			4.8				
	10				3.6			
	11			8.0	8.7	1.5	2.9	2.5
	12			4.5	9.9	1.6	2.1	1.9
	1			6.5	10.1	1.3	1.5	2.3
	3			6.5	11.7	1.9	2.5	1.9
	4				11.8			
茨島地点	9		11.0	5.2				
	10							
	11			7.5		1.3	1.9	2.2
	12		11.3	5.4		1.4	1.9	2.7
	1			10.1		1.3	1.0	2.0
	3	7.0		6.7		1.5	1.5	1.6
	4							
土崎地点	9		6.9	6.1				
	10							
	11			6.9				
	12		10.4	6.2				
	1			9.3				
	3	7.6		6.4				
	4							

3) 距離変化

浮遊粉じん濃度の八橋0m地点及び八橋50m地点による経年変化は図5のとおりである。

浮遊粉じん濃度では、道路からの距離50mで道路の影響がほぼ無くなっていた。

八橋0m地点は、八橋50m地点よりも常に高い濃度を示していた。

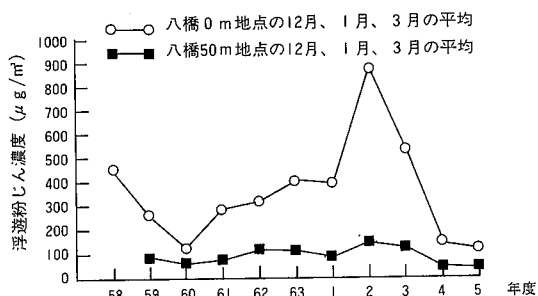


図5 浮遊粉じん濃度距離変化（八橋0m、八橋50m）

4) 金属成分

鉄、マンガン、アルミニウム、カルシ

ウム及び亜鉛の浮遊粉じん中の濃度（大気吸引量あたり）及び含有率の経年変化は、表7-1～5、表8-1～5のとおりである。

スパイクタイヤ粉じん中に含まれる割合が大きいと考えられている³⁾カルシウム濃度は、スパイクタイヤ非装着期の数%に比べスパイクタイヤ装着期に数10%と著しく増加していたが、平成4年度には2～4%に、平成5年度には1%弱に減少した。

さらに、スパイクタイヤ非装着期に比べ、スパイクタイヤ装着期に増加していた現象が、平成3年度以降はみられなくなった。

また、含有率も4～5%から平成4年度で2～3%に、また、平成5年度には1%前後に減少した。

カルシウムと同様に土壌由来である鉄、アルミニウムも同様な傾向がみられた。

(単位: μg/m³)

表7-1 Fe濃度経年変化

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	9		3.24	0.90					
	10				0.80				
	11			3.20	4.02	2.92	2.53	2.04	1.20
	12		6.74	5.00	0.80	14.11	8.50	1.45	0.60
	1				1.06	11.28	17.17	1.63	0.52
	3	6.65		16.60	4.36	9.18	11.33	3.71	2.24
八橋50m地点	4				4.54				
	9								
	10								
	11					0.88	1.00	0.62	0.48
	12					2.79	2.65	0.36	0.33
	1					3.22	2.98	0.43	0.29
茨島地点	3					2.59	2.87	0.76	1.28
	9		3.85	0.30					
	10								
	11			5.10		2.19	4.02	1.10	1.27
	12		6.03	3.80		7.20	4.89	1.27	0.54
	1			2.30		5.42	8.17	0.56	0.97
土崎地点	3	8.04		10.00		8.51	11.20	3.47	3.25
	9		2.65	1.50					
	11			2.50					
	12		9.78	2.40					
	1			3.80					
	3	7.53		18.60					

表 7 - 2 Mn濃度経年変化

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	9		0.097	0.062					
	10				0.027				
	11			0.097	0.084	0.071	0.070	0.070	0.042
	12		0.222	0.119	0.021	0.316	0.170	0.050	0.023
	1				0.024	0.498	0.410	0.050	0.044
	3	0.252		0.430	0.108	0.412	0.270	0.110	0.023
八橋50m地点	4				0.105				
	9								
	10								
	11					0.025	0.040	0.030	0.018
	12					0.081	0.070	0.020	0.015
	1					0.083	0.070	0.020	0.018
茨島地点	3					0.074	0.080	0.030	0.014
	9		0.114	0.066					
	10								
	11			0.137		0.085	0.160	0.050	0.072
	12		0.215	0.137		0.208	0.160	0.070	0.055
	1			0.076		0.275	0.280	0.040	0.063
土崎地点	3	0.273		0.238		0.365	0.390	0.150	0.050
	9		0.640	0.034					
	11			0.076					
	12		0.337	0.112					
	1			0.086					
	3	0.260		0.434					

表 7 - 3 Al濃度経年変化

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	9		2.23	0.70					
	10				0.76				
	11			2.50	0.37	1.84	1.68	1.86	1.09
	12		5.98	3.50	0.76	9.48	6.11	1.38	0.49
	1				1.08	16.50	9.29	1.40	0.47
	3	5.90		10.90	3.52	12.20	10.00	3.00	1.84
八橋50m地点	4				3.98				
	9								
	10								
	11					0.63	0.64	0.56	0.41
	12					2.03	1.92	0.33	0.28
	1					2.53	2.04	0.33	0.26
茨島地点	3					1.82	2.78	0.54	1.15
	9		2.72	1.80					
	10								
	11			3.30		1.35	2.49	1.07	0.93
	12		4.55	2.10		3.49	3.21	0.64	0.33
	1			1.10		6.59	6.12	0.33	0.55
土崎地点	3	6.35		7.90		7.23	11.30	2.60	2.57
	9		1.47	0.50					
	11			1.90					
	12		8.12	1.50					
	1			2.20					
	3	3.96		13.90					

表 7-4 Ca濃度経年変化

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	9		2.97	3.30					
	10				0.89				
	11			9.60	2.28	3.16	5.57	3.90	0.99
	12		56.95	63.60	1.10	31.40	22.80	4.36	0.65
	1				0.73	42.80	34.60	2.94	1.02
	3	66.10		28.60	2.51	33.90	21.00	4.88	0.67
	4				5.10				
八橋50m地点	9								
	10								
	11					1.26	3.02	1.37	0.56
	12					7.02	6.63	1.02	0.40
	1					6.52	4.58	0.74	0.56
	3					5.29	4.84	1.10	0.39
茨島地点	9		8.24	3.60					
	10								
	11			32.60		2.67	12.80	3.07	0.97
	12		30.51	40.60		15.50	12.40	3.00	0.62
	1			27.80		20.50	16.90	2.14	0.85
	3	41.15		40.70		23.70	26.80	6.92	0.70
土崎地点	9		3.48	3.50					
	11			9.60					
	12		102.00	16.40					
	1			42.30					
	3	175.70		49.90					

表 7-5 Zn濃度経年変化

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	9		0.54					
	10			0.28				
	11			0.66	0.55	0.55	0.45	0.32
	12		0.90	0.12	0.86	0.88	0.31	0.23
	1			0.28	1.36	0.59	0.25	0.34
	3	0.39		0.40	0.66	0.63	0.45	0.33
	4			0.45				
八橋50m地点	9							
	10							
	11				0.15	0.17	0.14	0.14
	12				0.20	0.18	0.15	0.21
	1				0.25	0.14	0.10	0.23
	3				0.17	0.19	0.11	0.15
茨島地点	9		0.67					
	10							
	11				0.40	1.50	0.42	0.37
	12		0.40		0.52	0.74	0.22	0.25
	1				0.99	0.65	0.19	0.40
	3	0.35			0.68	2.09	0.60	0.84
土崎地点	9		0.35					
	11							
	12		0.50					
	1							
	3	0.37						

表 8 — 1 Fe含有率経年変化

(単位：%)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	9		2.0	0.96					
	10				1.10				
	11			1.6	2.37	2.2	1.9	1.3	1.4
	12		1.5	2.3	1.22	2.1	2.1	1.1	1.0
	1				1.27	1.0	1.0	1.6	0.9
	3	1.3		2.5	2.30	1.1	1.1	1.7	1.6
	4				2.90				
八橋50m地点	9								
	10								
	11					1.8	1.7	1.1	1.1
	12					1.9	2.1	0.9	0.9
	1					2.1	2.8	1.1	0.7
	3					1.9	2.0	1.4	1.5
	4								
茨島地点	9		2.1	0.21					
	10								
	11			2.2		2.1	2.2	1.1	1.5
	12		1.6	1.9		2.2	2.1	1.7	1.1
	1			1.9		1.2	2.0	1.0	1.1
	3	1.6		2.2		1.7	2.0	1.6	1.9
	4								
土崎地点	9		1.9	1.5					
	11			1.6					
	12		1.3	0.87					
	1			1.8					
	3	1.1		2.0					

表 8 — 2 Mn含有率経年変化

(単位：%)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	9		0.061	0.066					
	10				0.038				
	11			0.049	0.050	0.05	0.05	0.04	0.05
	12		0.049	0.054	0.034	0.05	0.04	0.04	0.04
	1				0.030	0.04	0.06	0.05	0.07
	3	0.049		0.064	0.057	0.05	0.06	0.05	0.02
	4				0.054				
八橋50m地点	9								
	10								
	11					0.05	0.07	0.05	0.04
	12					0.06	0.04	0.04	0.04
	1					0.05	0.07	0.06	0.05
	3					0.05	0.06	0.06	0.02
	4								
茨島地点	9		0.082	0.046					
	10								
	11			0.060		0.08	0.09	0.05	0.08
	12		0.057	0.068		0.06	0.07	0.10	0.11
	1			0.061		0.06	0.07	0.07	0.07
	3	0.055		0.053		0.07	0.07	0.07	0.03
	4								
土崎地点	9		0.450	0.035					
	11			0.050					
	12		0.046	0.041					
	1			0.041					
	3	0.066		0.047					

表 8 — 3 AI含有率経年変化

(単位：%)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	9		1.4	0.74					
	10				1.0				
	11			1.3	2.2	1.4	1.3	1.2	1.3
	12		1.3	1.6	1.2	1.4	1.5	1.1	0.8
	1				1.3	1.5	1.3	1.4	0.8
	3	1.1		1.6	1.9	1.2	2.1	1.4	1.3
	4				2.5				
八橋50m地点	9								
	10								
	11					1.3	1.1	1.0	0.9
	12					1.4	1.5	0.8	0.8
	1					1.6	1.9	0.9	0.7
	3					1.3	1.9	1.0	1.4
	4								
茨島地点	9		1.5	1.3					
	10								
	11			1.4		1.3	1.3	1.1	1.1
	12		1.2	1.0		1.1	1.4	0.9	0.7
	1			0.89		1.4	1.5	0.6	0.6
	3	1.3		1.8		1.5	2.0	1.2	1.5
	4								
土崎地点	9		1.2	0.51					
	11			1.3					
	12		1.2	0.55					
	1			1.0					
	3	0.6		1.5					
	4								

表 8 — 4 Ca含有率経年変化

(単位：%)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	9		1.9	3.5					
	10				1.24				
	11			4.8	1.38	2.3	4.2	2.5	1.1
	12		13	29	1.81	4.6	5.7	3.4	1.1
	1				0.87	3.8	4.9	2.9	1.7
	3	13		4.2	1.30	4.2	4.4	2.3	0.5
	4				2.61				
八橋50m地点	9								
	10								
	11					2.6	5.2	2.4	1.3
	12					4.9	5.2	2.5	1.1
	1					4.2	4.2	1.9	1.4
	3					3.9	3.4	2.0	0.5
	4								
茨島地点	9		4.5	2.5					
	10								
	11			14		2.5	6.9	3.0	1.2
	12		8.0	20		4.7	5.2	4.1	1.3
	1			22		4.5	4.1	3.7	0.9
	3	8.3		9.1		4.6	4.7	3.3	0.4
	4								
土崎地点	9		2.5	3.6					
	11			6.3					
	12		14	6.0					
	1			20					
	3	26		5.4					
	4								

表 8 — 5 Zn含有率経年変化

(単位：%)

	月	昭和56年度	昭和57年度	昭和60年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	9		0.34					
	10			0.391				
	11			0.362	0.4	0.4	0.3	0.4
	12		0.20	0.206	0.1	0.2	0.2	0.4
	1			0.344	0.1	0.1	0.2	0.6
	3	0.08		0.222	0.1	0.1	0.2	0.2
	4			0.282				
八橋50m地点	9							
	10							
	11				0.3	0.3	0.2	0.3
	12				0.1	0.1	0.4	0.6
	1				0.2	0.1	0.2	0.6
	3				0.1	0.1	0.2	0.1
茨島地点	9		0.36					
	10							
	11				0.4	0.8	0.4	0.4
	12		0.11		0.2	0.3	0.3	0.5
	1				0.2	0.2	0.3	0.4
	3	0.071			0.1	0.4	0.3	0.5
土崎地点	9		0.25					
	11							
	12		0.069					
	3	0.055						

5) 垂直変化

昭和59年度及び昭和60年度に実施した、浮遊粉じん濃度の垂直方向の変化は、図6-1及び2のとおりである。

図6-1では垂直変化はほとんどみられないが、図6-2では地上の濃度に比べ8m及び16mで減少していた。

6) 粒経分布

アンダーセンエアースンプラーによる、各ステージの濃度は表9のとおりである。

スパイクタイヤ装着期において、粒経10 μ m以上の粒子濃度が著しく増大しており、スパイクタイヤにより発生する浮遊粉じんに、10 μ m以上の粒子が多く含まれていることがわかる。

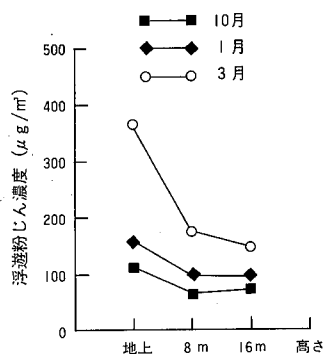
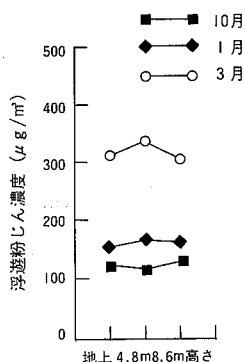


図 6 — 1 浮遊粉じん濃度垂直変化(昭和59年度) 図 6 — 2 浮遊粉じん濃度垂直変化(昭和60年度)

表9 アンダーセンエアサンプラーによる粒径別粉じん濃度

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

調査地点	年月	粒 径 (μm)								
		B.F.	7	6	5	4	3	2	1	0
		<0.43	~0.65	~1.11	~2.10	~3.3	~4.7	~7.0	~11.0	11.0<
土 崎 自動車排出 ガス局舎上	57/3	19.0	5.2	7.2	7.6	10.2	26.8	40.5	39.4	169
	57/9	21.7	1.2	4.7	1.9	4.6	7.6	10.2	5.7	12.1
	57/12	18.1	1.2	4.4	4.3	9.0	20.5	35.3	24.5	80.4
中 通 自動車排出 ガス局舎上	57/3	25.2	3.0	5.3	4.2	11.1	35.0	57.8	34.2	180
	57/9	20.3	3.2	5.5	2.9	5.0	7.5	10.3	7.1	15.6
	57/12	12.8	0.9	3.7	2.3	2.4	11.6	22.8	15.4	48.5

3.1.3 浮遊粒子状物質濃度

浮遊粒子状物質濃度の八橋0 m地点、八橋50 m地点及び茨島地点の経年変化は、表10、図7-1~4のとおりである。

各地点とも、スパイクタイヤ装着期がスパイクタイヤ非装着期より、概ね高い濃度で推移していたが、平成4年度からはスパイク装着期と非装着期の差はなくなってきた。

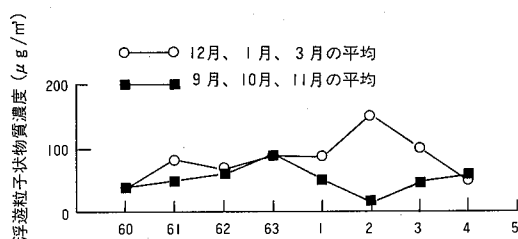
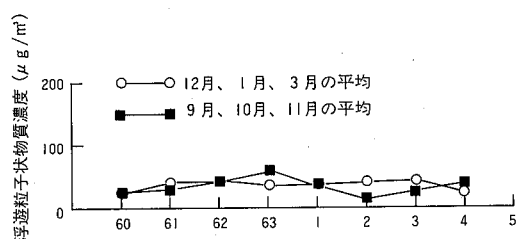
図7-1 浮遊粒子状物質濃度経年変化
(八橋0 m)

図7-2 浮遊粒子状物質濃度経年変化(八橋50 m)

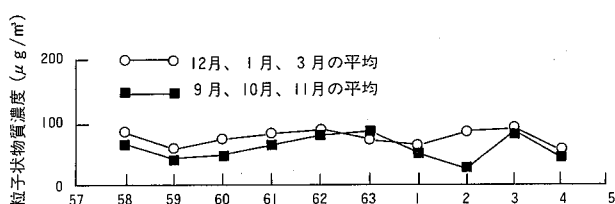


図7-3 浮遊粒子状物質濃度経年変化(茨島)

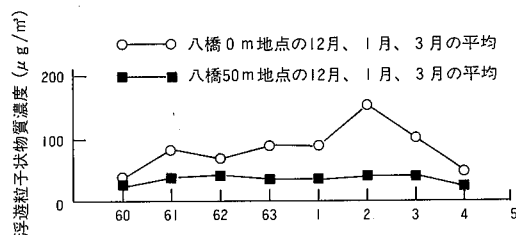
図7-4 浮遊粒子状物質濃度経年変化
(八橋0 m地点、八橋50 m地点)

表10 浮遊粒子状物質濃度経年変化

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	月	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度	昭和63年度	平成元年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
八橋0m地点	10				30		63						
	11				51			94	55	18	47	56	40
	12				35	86	55	56	114	126	95	50	27
	1				27	89	60	119	69	183	90	24	26
	3				58	79	99	98	88	148	118	67	40
	4				44								
八橋50m地点	10				20		41						
	11				27			60	35	12	28	35	29
	12				19	42	58	25	32	47	48	27	9
	1				20	44	32	47	33	40	20	17	21
	3				38	38	45	43	47	37	55	25	25
	4				34								
茨島地点	9	70	45	49									
	10						84						
	11		47	57				87	52	27	86	45	51
	12	87	49	65		91	89	70	60	60	70	45	23
	1		49	55		68	70	66	37	87	64	24	45
	3		84	110		98	140	92	100	113	146	95	45
土崎地点	4			83									
	9	49	58										
	11		39										
	12	109	44										
	1		41										
	3		102	102									
	4			83									

3.1.4 降下ばいじん総量及び不溶性物質²⁾

浮遊粉じんの調査を実施している八橋0m地点の道をはさんで反対側に位置している秋田市下水道事務所地点における経年変化は、表11-1～2、図8-1～3のとおりである。

降下ばいじん総量と降下ばいじん不溶性物質は、スパイクタイヤ装着期にピークを示し、ほぼ同じパターンで推移している。

また、平成4年度からはスパイクタイヤ装着期のピークは小さくなってきており、減少傾向が認められてきている。

表11-1 降下ばいじん総量 (単位: $\text{t}/\text{km}^2/\text{月}$)

	月	昭和62年度	昭和63年度	平成元年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
市八橋 下水道 事務所	4		21.7	26.8	21.0	28.8	20.8	23.0
	5		19.1	8.9	5.6	14.5	13.3	15.0
	6	8.3	9.5	3.3	9.3	15.8	12.5	8.7
	7	20.0	6.6	3.3	4.3	20.3	14.7	9.9
	8	24.0	8.0	6.9	3.9	4.9	11.9	7.0
	9	7.3	6.7	7.6	15.0	15.7	6.7	10.0
	10	5.7	18.4	6.4	6.8	13.7	10.2	15.8
	11	17.0	20.7	17.6	20.6	15.2	14.1	20.4
	12	39.0	44.7	28.4	24.3	30.5	21.4	25.1
	1	38.0	48.5	37.5	36.0	31.5	22.9	10.7
	2	23.0	46.9	48.5	25.4	31.0	34.5	30.3
	3	30.0	25.3	26.1	28.9	38.6	24.5	19.7

表11-2 降下ばいじん不溶性物質 (単位: $\text{t}/\text{km}^2/\text{月}$)

	月	昭和62年度	昭和63年度	平成元年度	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
市八橋 下水道 事務所	4		15.5	7.8	10.0	14.8	15.3	12.7
	5		15.0	5.7	2.5	7.8	8.9	9.5
	6	5.4	6.3	0.7	5.1	8.6	7.1	5.4
	7	6.1	4.5	2.8	1.5	4.9	9.7	4.8
	8	6.1	4.3	2.7	2.4	2.0	4.5	2.7
	9	3.0	4.0	3.9	2.3	5.3	5.5	5.8
	10	2.2	5.6	2.9	4.9	4.4	5.3	7.9
	11	5.2	8.8	5.2	5.4	1.9	6.2	14.8
	12	27.1	28.1	15.9	12.6	18.2	7.5	18.3
	1	26.8	35.7	23.5	19.3	20.2	10.3	9.2
	2	14.0	37.8	41.1	17.5	19.3	11.6	14.8
	3	21.2	18.8	16.1	33.1	27.3	11.3	8.5

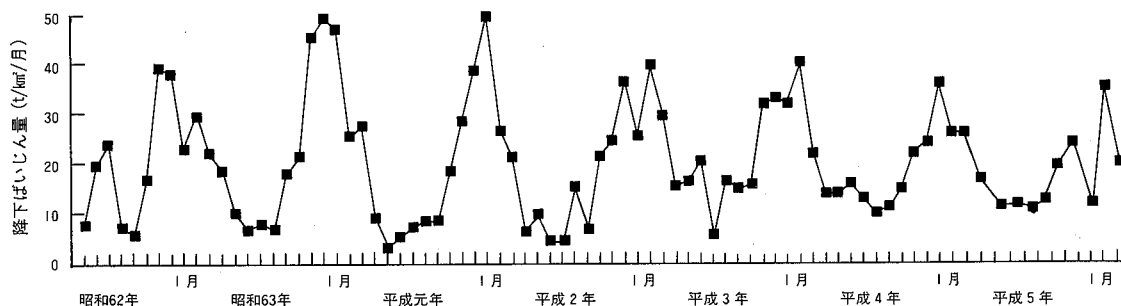


図 8 — 1 降下ばいじん総量（秋田市八橋下水道事務所）

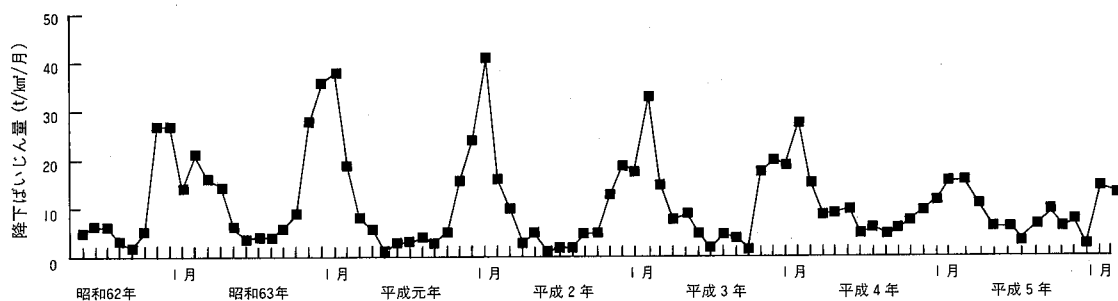


図 8 — 2 降下ばいじん不溶性物（秋田市八橋下水道事務所）

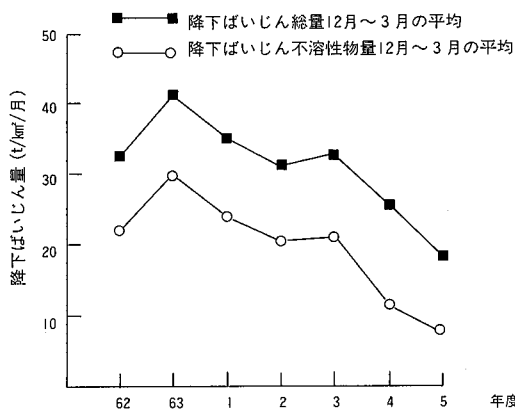


図 8 — 3 降下ばいじん総量及び不溶性物量
（秋田市八橋下水道事務所）

3. 1. 5 降下堆積物の距離変化

降下堆積物量の距離変化は、図 9 のとおりである。

降下堆積物量は、道路からの距離 5 m で大きく減少し、25 m で道路の影響がほぼ無くな

っている。

浮遊粉じんに比べ降下堆積物の距離減衰が大きいのは、浮遊粉じんよりも粒径が大きい粒子をとらえているためと考えられる。

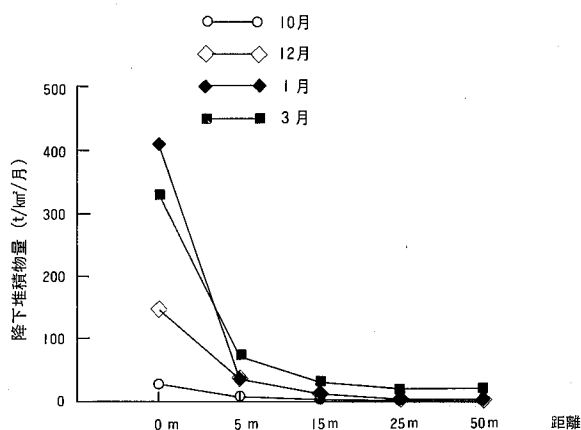


図9 降下堆積物の距離変化
(八橋地点、0 m、5 m、15 m、25 m、50 m)

3.1.6 道路堆積物

1) 粒度分布

道路堆積物の粒度分布は、図10のとおりである。

粒径149~297 μ mにピークを持つ一山型の分布をしている。

2) ベンゼン抽出物質

土壤中の濃度は、表12のとおりであり、概ね、1~3%含まれている。

道路堆積物中のベンゼン抽出物質濃度は、表13のとおりであり、スパイクタイ

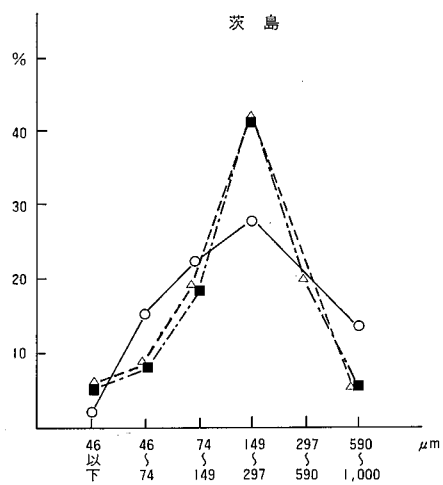
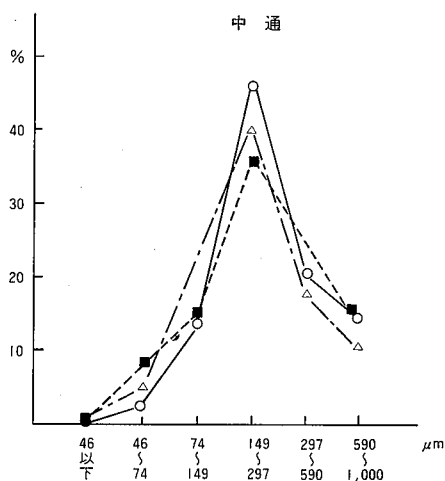
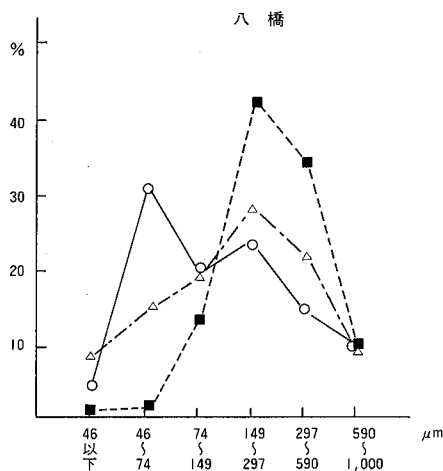
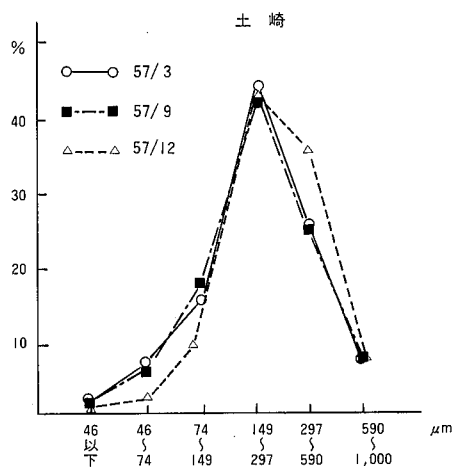


図10 道路堆積物の粒度分布

表12 土壌中のベンゼン抽出物質濃度

地点名 粒径	山王大通 (中央分離帯)	山王大通 隣接の公園	八 橋 (中央分離帯)	土 崎 1 (中央分離帯)	土 崎 2 (中央分離帯)	経法大附高 (花壇)
74 μ m以上	1.6	2.7	2.3 (0.3)	3.0 (0.2)	2.7 (0.2)	0.3
74 μ m未満	2.2	2.2	1.6 (1.5)	2.7 (1.0)	3.0 (1.0)	0.9

(注1) () の値は表層下30cmの値。(注2) 単位は%

表13 道路堆積物中のベンゼン抽出物質濃度

地点名	年 月	ベンゼン排出物質質量(%)	地点名	年 月	ベンゼン排出物質質量(%)
飯 島	57. 3	7.0	中 通	57. 3	5.4
	9	0.4		9	9.4
	12	3.7		12	7.1
土 崎	57. 3	4.4		58. 9	2.9
	9	0.5		11	2.1
	12	2.6		12	7.1
	58. 9	0.5	茨 島	59. 3	4.5
	11	0.3		57. 3	4.6
	12	6.2		9	1.0
	59. 3	4.0		12	1.4
八 橋	57. 3	4.1		58. 9	0.5
	9	0.1		11	0.5
	12	2.6		12	5.6
	58. 9	0.6	卸 町	59. 3	5.6
	11	0.5		57. 3	5.8
	12	7.0		9	0.2
	59. 3	4.1	新 屋	12	1.6
山 王	57. 3	4.0		57. 3	5.5
	9	0.4		9	0.3
	12	4.6		12	4.1

表14 道路堆積物の粒径別溶媒抽出物質濃度

(単位：%)

メ ッ シ ュ	粒 径 (μ m)	試 料 採取量(g)	ソックスレー抽出法		超音波抽出法	
			ベンゼン	トリクロ ルエタン	ベンゼン	トリクロ ルエタン
16~28	1,000~590	2,000	1.5	1.3	1.2	1.2
28~48	590~297	5,000	1.5	1.6	1.4	1.5
48~100	149~297	〃	2.5	2.6	2.5	2.6
100~200	74~149	〃	3.8	3.9	3.5	3.8
200~300	46~74	〃	5.8	5.9	5.7	6.3
300~	<46	〃	9.4	9.7	9.1	10.5

(注) 57/3 の中通自排局前サンプル

表15 浮遊粉じん濃度（日間値）及び路面状態

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	八橋0m地点	八橋50m地点	茨島地点	路面状態
H 2. 12. 16~17	148	52	55	湿潤
12. 17~18	1023	127	340	乾燥のち湿潤
12. 18~19	769	152	444	湿潤のち乾燥
12. 19~20	763	244	484	乾燥
H 3. 1. 21~22	2885	398	1057	乾燥
1. 22~23	917	113	—	乾燥のち湿潤
1. 23~24	585	63	211	湿潤
1. 24~25	151	50	98	湿潤
3. 11~12	1651	329	925	乾燥
3. 12~13	877	123	582	乾燥一時湿潤
3. 13~14	453	59	599	湿潤一時乾燥
3. 14~15	287	50	103	湿潤
3. 15~16	811	126	352	湿潤
12. 16~17	371	207	256	乾燥
12. 17~18	263	188	171	乾燥のち湿潤
12. 18~19	538	82	210	乾燥のち湿潤
12. 19~20	257	38	153	湿潤
12. 20~21	583	122	393	乾燥
H 4. 1. 27~28	149	72	260	湿潤のち乾燥
1. 28~29	626	125	—	乾燥
1. 29~30	1010	143	501	乾燥
1. 30~31	601	75	188	湿潤のち乾燥
1. 31~2. 1	1161	125	383	乾燥
3. 9~10	436	145	327	湿潤のち乾燥
3. 10~11	456	105	759	乾燥
3. 11~12	500	147	635	乾燥
3. 12~13	510	176	543	乾燥
12. 14~15	84	51	72	乾燥のち湿潤
12. 15~16	56	23	45	湿潤
12. 16~17	118	39	68	湿潤
12. 17~18	259	49	111	湿潤一時乾燥
H 5. 1. 25~26	180	48	—	乾燥のち湿潤
1. 26~27	45	21	25	湿潤のち乾燥
1. 27~28	67	30	36	湿潤
1. 28~29	109	56	113	湿潤
3. 8~9	429	80	227	湿潤のち乾燥
3. 9~10	180	48	226	乾燥のち湿潤
3. 10~11	105	30	101	湿潤一時乾燥
3. 11~12	139	60	290	乾燥
12. 13~14	88	49	61	湿潤
12. 14~15	77	52	69	乾燥一時湿潤
12. 15~16	33	18	27	圧雪
12. 16~17	43	26	37	圧雪のち湿潤
H 6. 1. 17~18	46	26	53	湿潤のち凍結
1. 18~19	103	62	158	湿潤のち乾燥
1. 19~20	42	36	75	凍結のち圧雪
1. 20~21	45	36	73	圧雪のち湿潤
3. 7~8	237	92	110	乾燥
3. 8~9	89	44	78	乾燥
3. 9~10	108	91	237	乾燥
3. 10~11	116	111	273	乾燥

ヤ非装着期には、0.1～1%なのに対し、スパイクタイヤ装着期は1.4～7%となっている。

道路堆積物中の粒経別溶解抽出濃度は、表14のとおりであり、ベンゼンによるソックスレー抽出法で、粒経590～1000 μm で1.5%なのに対し、粒経46 μm 以下で9.4%となっており、粒経が小さいほど含有率が高い。

3.2 路面の状態との対応

浮遊粉じん濃度の日間値と路面の乾燥・湿潤状態は、表15のとおりである。³⁾

浮遊粉じん濃度と路面の乾燥・湿潤状態は比較的よく対応し、乾燥のときは濃度が高く湿潤のときは濃度が低くなっている。

3.3 他県との降下ばいじん量の比較について

降下ばいじん量の月別変化を、秋田市と他

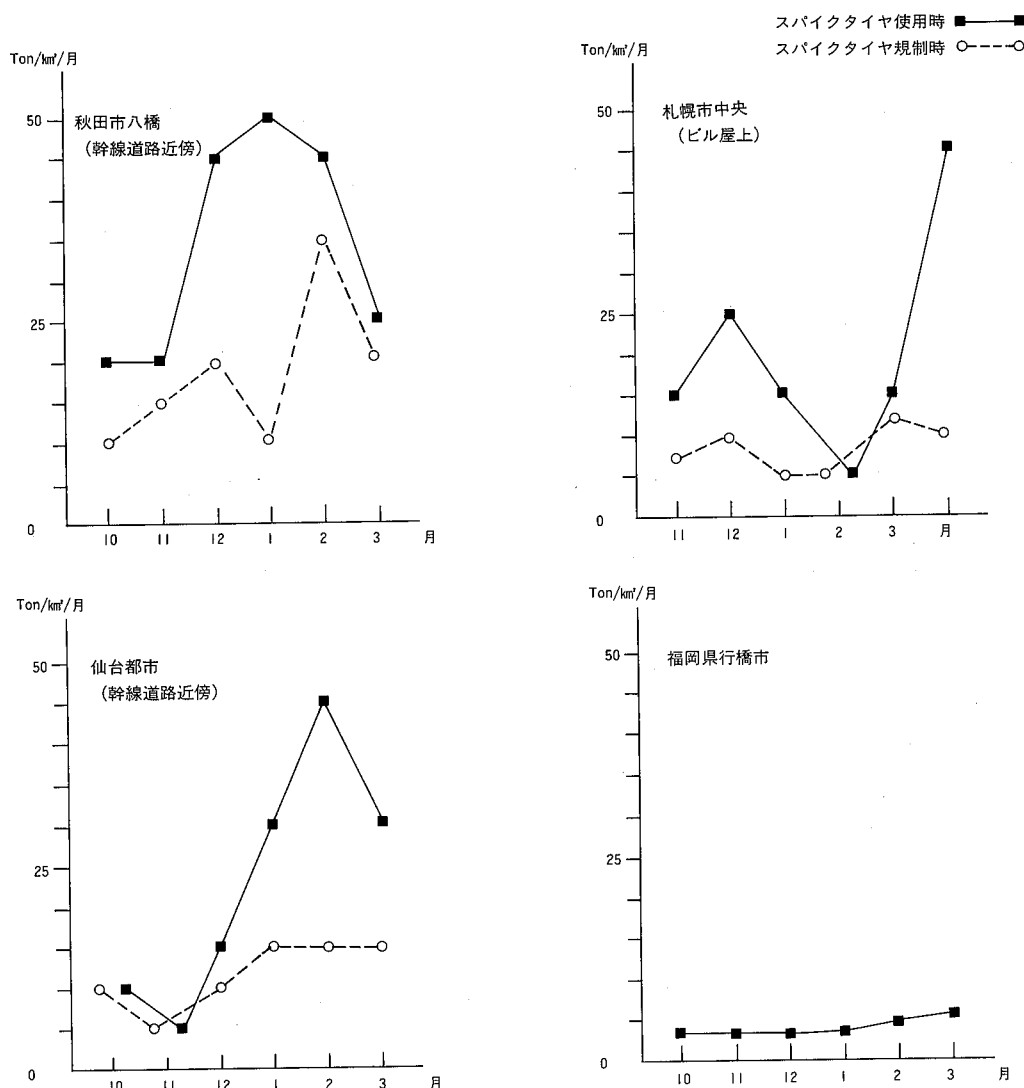


図11 降下ばいじん量の月別変化

県の各市で比較してみた。

秋田市と他県の各市におけるスパイクタイヤ使用期間中とスタッドレスタイヤに転換後の、降下ばいじん量の秋期から春期までの月別変化の変遷を図11に示した。

幹線道路のすぐ側にある秋田市八橋の10月から3月までの月別平均降下ばいじん量は、昭和63年度の平均34.1ton/km²/monthから平成5年度には平均20.3ton/km²/month²⁾と2/3に減少しており、また、スパイクタイヤ使用時に冬から春先にかけてみられたピークは、平成元年1月の48.5ton/km²から平成6年2月の30ton/km²と小さくなっていた。⁴⁾

スパイクタイヤ使用時に道路粉じんが舞い上がり、太陽が昼間でも夕日のように赤褐色になってみえることもあった⁵⁾札幌市の11月から4月までの月別平均降下ばいじん量は、昭和58～59年の平均20.1ton/km²/monthから平成3～4年には平均7.9ton/km²/monthに減少しており、また、スパイクタイヤ使用時に冬から春先にかけてみられたピークは、昭和59年4月の44.5ton/km²から平成4年3月の13.0ton/km²と小さくなっていた。^{6～7)}

冬から春先にかけて自動車を通るたびに土ほこりが舞い上がり仙台砂漠⁸⁾といわれた仙台市の幹線道路近傍における10月から3月までの月別平均降下ばいじん量は、昭和63年度の平均29.7ton/km²/monthから平成4年度には平均12.5ton/km²/monthと半分以下に減少しており、また、スパイクタイヤ使用時に冬から春先にかけてみられたピークは、平成元年2月の45.0ton/km²から平成4年3月の14.7ton/km²と小さくなっていた。^{9～10)}

スパイクタイヤやスタッドレスタイヤに転換のない、福岡県行橋市内の昭和49年から平成2年まで16年間の10月から3月における月

別平均降下ばいじん量¹¹⁾は、3～5ton/km²/monthで推移しており、冬から春先にかけてのピークは認められない。

スパイクタイヤ使用時における冬から春先にかけての降下ばいじん量は、札幌市、仙台市および秋田市の各市で最高50ton/km²/month前後であったものが、スパイクタイヤ規制後には5～20ton/km²/monthと減少していた。

4 考察

スパイクタイヤを装着した車両が雪や氷の無い道路を走行すると、路面を削り粉じんが発生する。

この粉じんは、路面が乾燥すると大気中に舞い上がり、浮遊粉じん濃度、浮遊粒子状物質濃度または降下堆積物量などにあらわれる。

浮遊粉じん濃度などの調査結果によると、浮遊粉じん濃度、浮遊粒子状物質濃度及び降下堆積物量は、スパイクタイヤ装着率の減少とともに、平成4年度から著しく減少してきている。

また、降下ばいじん量について秋田市と他県の市を比較した場合、スパイクタイヤの規制や除雪・融雪剤の散布などの道路環境整備および地域住民の啓蒙啓発等により、すべての市でスパイクタイヤ使用時に比較し約半分の量またそれ以下に減少してきている。また、冬から春にかけての鋭いピークも小さくなってきており、粉じんの発生が少なくなっている。

距離減衰では、浮遊粉じん濃度が50m付近まで道路からの影響がみられ、降下堆積物は、25m付近まで道路からの影響がみられる。道路からの影響は、比較的近距離までであった。

これは、スパイクタイヤによる粉じんの粒径が大きいため、飛散しにくいことによると考えられる。

垂直分布では、昭和59年度は調査地点が道路に近すぎていたため、ほとんど変化がみられなかったが、昭和60年度の調査では高い位置での濃度の減衰がみられた。

昭和60年度においては、8 mにおいて著しく減少し、8 mから16 mにかけて横ばい又は減少がみられ、16 m付近までは影響が及んでいるものと考えられている。

ベンゼン抽出物質については、土壌からのベンゼン抽出物質濃度とスパイクタイヤ非装着期の降下堆積物中のベンゼン抽出物質濃度は、ほぼ同程度であり、スパイクタイヤ装着期に含有率が増加していた。

また、スパイクタイヤ装着期の道路堆積物の粒径の小さい粒子により多く含まれており、このことが浮遊粒子状物質中のベンゼン抽出物質含有量に反映されているものと考えられる。

平成2年度以降の浮遊粉じん中のベンゼン抽出物質含有率は土壌からのベンゼン抽出物質濃度と同程度となり、スパイクタイヤ粉じんの影響が減少したことが考えられる。

浮遊粉じん中のカルシウム濃度及び含有率は、平成3年まで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に増加していた。

平成4年度からは濃度及び含有率の増加がみられなくなったことから、スパイクタイヤ粉じんが減少したものと考えられる。

5 まとめ

- (1) スパイクタイヤ装着率は、90%強から数%に減少した。

- (2) 浮遊粉じん量、浮遊粉じん中のベンゼン抽出物質及び金属成分等の各濃度は、スパイクタイヤ装着期は非装着期に比べて、高濃度で推移していたが、平成4年度からはほぼ同値になった。

- (3) 浮遊粉じん量の距離変化は、道路から50 m付近まで道路からの影響がみられる。また、垂直変化の経月変化はほぼ同パターンであり、浮遊粉じんの影響は、少なくとも地上16 mまでは及んでいると考えられる。

- (4) スパイクタイヤの影響による浮遊粉じんは、10 μ m以上の粒子が多く含まれており、粒度10 μ m以下を測定する浮遊粒子状物質量は、スパイクタイヤ装着期、非装着期及び距離による変化はあまり認められなかった。

- (5) 降下ばいじん量は、スパイクタイヤ使用時にくらべ約半分の量またそれ以下になって来ており、冬から春にかけてみられたピークは小さくなってきた。

- (6) 降下堆積物の距離減衰は0～5 mまでが顕著であり、25 m地点では道路からの影響はほぼ認められなくなっている。

- (7) 道路堆積物の粒度分布は、149～297 μ mにピークをもつ1山型の分布を示し、スパイクタイヤによるモデル磨耗堆積物と同じ粒度分布状況を示した。

以上のことから、これまで積雪前のスパイクタイヤ装着期及び融雪後における粉じん、さらに道路端の道路堆積物は、冬季のスパイクタイヤ使用によるアスファルト磨耗物からの寄与がきわめて大きかったが、スパイクタイヤからスタットレスタイヤへの移行によりこれらの問題は解決されつつある。

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など測定方法指針 (1983)
- 2) 秋田県環境白書 平成5年版
- 3) 秋田県地方气象台：秋田県気象月報
- 4) 秋田県環境白書 平成元年版
- 5) 市川修三ほか：スパイクタイヤによる公害等の諸問題について
全国公害研会誌 Vol.9 No.1 (1984)
- 6) 札幌市環境白書 平成元年版
- 7) 札幌市環境白書 平成4年版
- 8) 関敏彦ほか：仙台市におけるスパイクタイヤによる道路粉じんの環境影響と対策
全国公害研会誌 Vol.13 No.3 (1988)
- 9) 宮城県環境白書 平成元年版
- 10) 宮城県環境白書 平成5年版
- 11) 池浦太荘：行橋市における降下ばいじんの調査
- 12) 吉田昇ほか：秋田県環境技術センター年報, No.10 (1982)
- 13) 藤島直司ほか：秋田県環境技術センター年報, No.11 (1983)
- 14) 藤島直司ほか：秋田県環境技術センター年報, No.12 (1984)
- 15) 高橋浩ほか：秋田県環境技術センター年報, No.13 (1985)
- 16) 高橋浩ほか：秋田県環境技術センター年報, No.14 (1986)
- 17) 高橋浩ほか：秋田県環境技術センター年報, No.15 (1987)
- 18) 石郷岡晋ほか：秋田県環境技術センター年報, No.16 (1988)
- 19) 斎藤学ほか：秋田県環境技術センター年報, No.17 (1989)
- 20) 成田理ほか：秋田県環境技術センター年報, No.18 (1990)
- 21) 久米均ほか：秋田県環境技術センター年報, No.19 (1991)

酸性雨に関する調査研究

—酸性雨成分とエアロゾルとの関係について—

湯川幸郎 児玉仁 久米均*

1 はじめに

酸性雨は、直接雨滴に酸性物質が取り込まれたり、水滴中で酸性物質が生成して生ずるものである。¹⁾

よって、酸性雨の状況を評価するには、pHだけでなく酸性雨に溶け込んでいる陽イオン及び陰イオンについての検討が必要であり、いわゆる酸性能力 ($\text{nss-SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{nss-Cl}^-$)、中和能力 ($\text{nss-Ca}^{2+} + \text{NH}_4^+$) といわれている要因についても併せて考えることが必要である。²⁾

また、酸性雨の問題は降水のみに限定される現象でなく、酸性雨現象の約半分を含むと推定されている非降水時の大気中のエアロゾルすなわち乾性沈着現象を検討しないでおくことは、現象の理解のうえで大きな欠落部分を残しておくことになる。³⁾

本県では、昭和58年環境庁第1次酸性雨対策調査と時期を同じくし、雨水成分調査を継続的に実施してきており、これまで⁴⁻⁵⁾、市街地が、バックグラウンド地や後背地にくらべて降水中の成分濃度が高く、 nss-SO_4^{2-} 、 nss-Ca^{2+} および夏期の NH_4^+ の比較的多くの量が、ウォッシュアウトによる局地的な取り込みがなされているということを報告した。

しかし、これまでは降水および降雪のみの検討であったため、前報⁵⁾ではアンダーセンエアサンプラーを用いて大気中のエアロゾルを粒度別3段に分級捕集し、これと降水中

成分の関係について解析を行ったが、降水中とエアロゾル中の成分量の関係については、若干の傾向をみることはできなかった。

そこで今回は、大気中での各成分の存在形態や季節的変動等についてさらに詳細な検討をするために、大気中のエアロゾルを粒度別3段分級捕集から9段に分級捕集にして解析を行ったので報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点

調査地点を図1に、調査地点の特徴及び調査項目を表1に示した。

2.2 調査期間

2.2.1 降雨調査

平成5年4月から平成6年3月の52週を対象とした。(本山は、冬期を除く)

2.2.2 エアロゾル調査

平成5年6月から7月の6週および11月の4週を対象とした。これと併わせ、この期間中降雨も採取した。

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。

2.3.1 降雨調査

ろ過式採取器を用い、得られた試料は0.8 μm のメンブランフィルターでろ過したものを検体した。

* 現 生活環境部 環境保全課

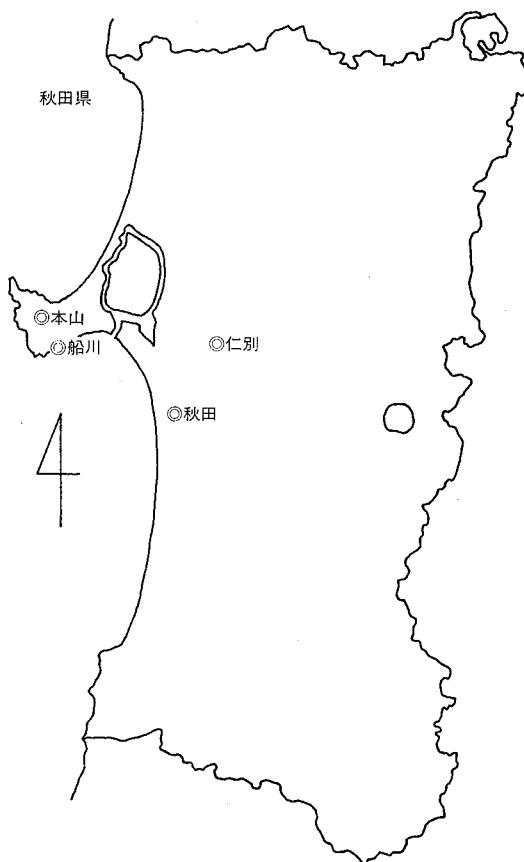


図1 調査地点

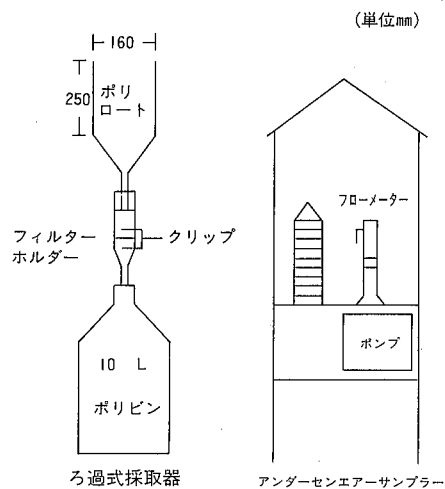


図2 採取装置

表1 調査地点及び調査項目

地点	設置場所	調査地点の特徴	調査項目	
			降雨	エアロゾル
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。	○	○
八橋	秋田市 環境技術センター敷地内	中通から南へ約3kmの市街地、海岸から約1km。		○
仁別	秋田市 旭川ダム管理事務所屋上	中通から北東へ約12kmの近山間部、海岸から約20km、標高約115m。	○	○
船川	男鹿市 船川局舎屋上	中通から北西へ約28km海岸から0.3km。	○	
本山	男鹿市 NTT本山無線中継所地内	中通から北西へ約40kmの山頂。海岸からの距離約3km、標高約650m。	○	

2.3.2 エアロゾル調査

アンダーセンエアサンプラーを用い、一定流量 (28.3 l/min) で吸引し、8 段の各ステージと最後に取り付けられたバックアップフィルターによって 9 段に分級捕集した。試料捕集板にはステンレス鋼板を用いた。

捕集ろ紙にはFluoropore—80mmφ (住友電工製、4 フッ化エチレン樹脂製フィルター AF07P) を用いた。試料採取前後のろ紙は、50%—CaCl₂ で調湿済みのデシケータに 48 時間放置し恒量とした後、粉じん量を測定した。粉じん採取後のろ紙は、5 mm 幅程度に裁断し、各ステージ毎に 50ml の目盛り付き比色試験管に入れた。これにアセトン 2 ml を加え、超音波抽出 (10min) した。これに、水 2 ml、4 ml、10ml と段階的に加えながら、さらに 3 回抽出を行ったものを試料とした。

2.4 調査項目

2.4.1 降雨項目

降水量、pH、EC、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、NH₄⁺

2.4.2 エアロゾル調査

粉じん量、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、NH₄⁺

2.5 分析方法

分析方法を表 2 に示す。

表 2 分析方法

分析項目	分 析 方 法
pH	JIS K0102.12.1
EC	JIS K0102.13
SO ₄ ²⁻	イオンクロマト法
NO ₃ ⁻	〃
Cl ⁻	〃
Na ⁺	〃
K ⁺	〃
Ca ²⁺	〃
Mg ²⁺	〃
NH ₄ ⁺	〃

3 調査結果及び考察

3.1 降雨について

月別降水量及び月別の平均 pH を図 3、図 4 に示した。降水量は、地点別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。

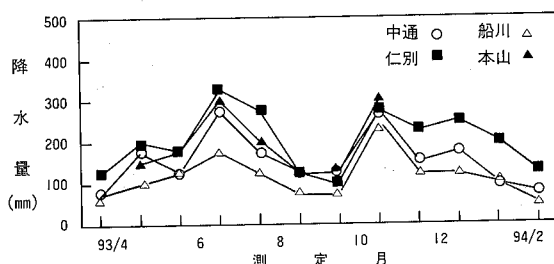


図 3 降水量の推移

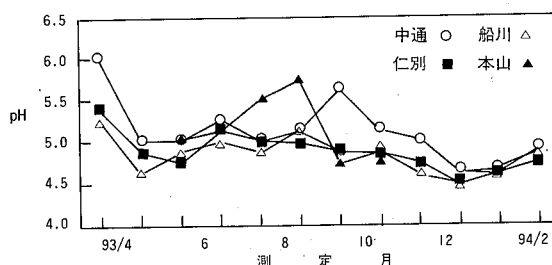


図 4 pHの推移

検体毎でも、地点間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。

pHは、各地点とも概ねpH4.5~5.5の範囲で推移した。

年平均では、大陸からの季節風を直接受けるバックランド地である標高650mの本山と都市部の中通が5.0、船川と仁別が4.8であり、本山と中通はやや高い傾向がみられた。

月平均の最高は、中通pH5.96 (4月)で、最低は本山pH4.41 (6月)であった。

また、市街地の中通ではpHの月別平均は、4.5~5.9と変動が大きかったが、後背地の仁

別では4.5～4.9と変動が少なかった。

間は調査が出来ないため、各地点ともに平成

降水及び非海塩粒子の平均成分濃度を表
3、表4に、また、地点分布を海岸からの距離
別に図5、図6に示した。なお、本山は冬期

5年5月～11月の平均成分濃度を図に示した。

表3 降水中の平均成分濃度

項目		pH	EC μS/cm	SO ₄ ²⁻ μeq/ℓ	NO ₃ ⁻ μeq/ℓ	Cl ⁻ μeq/ℓ	Na ⁺ μeq/ℓ	K ⁺ μeq/ℓ	Ca ²⁺ μeq/ℓ	Mg ²⁺ μeq/ℓ	NH ₄ ⁺ μeq/ℓ
平成5年	中通 (5月～11月)	5.16	24.4	51.9	14.9	81.7	72.3	1.9	17.1	19.4	28.6
	仁別 (5月～11月)	4.94	25.3	40.9	13.7	66.6	78.6	2.2	9.8	18.0	33.2
	船川 (5月～11月)	4.88	28.0	40.0	14.5	77.0	88.6	2.2	12.6	20.0	15.6
	本山 (5月～11月)	5.03	21.6	32.0	9.1	72.5	64.5	3.4	9.3	14.3	15.2
年度	中通 (12月～3月)	4.69	101	151	21.2	610	512	11.2	58.5	124	33.2
	仁別 (12月～3月)	4.59	74.8	112	16.6	434	350	8.2	26.1	78.2	25.7
	船川 (12月～3月)	4.57	98.7	143	24.5	588	483	13.5	73.2	115	37.8
平成4年	中通 (4月～11月)	4.82	31.5	70.7	19.8	90.8	78.3	3.9	21.7	20.8	42.0
	仁別 (4月～11月)	4.60	17.9	58.1	18.3	84.3	71.2	3.1	11.9	18.0	28.4
	船川 (4月～11月)	4.73	39.2	63.5	22.6	149	132	5.3	21.7	31.4	31.4
	本山 (4月～11月)	4.73	30.3	49.9	16.4	102	86.3	4.9	12.2	21.7	23.6
年度	中通 (12月～3月)	4.64	78.2	114	22.2	416	353	9.5	55.5	84.1	43.4
	仁別 (12月～3月)	4.49	81.3	100	20.9	426	365	10.2	31.5	80.0	27.6
	船川 (12月～3月)	4.54	92.7	120	25.2	502	435	11.4	50.9	105	37.5

表4 非海塩粒子の平均成分濃度

項目		nss-SO ₄ ²⁻ μeq/ℓ	NO ₃ ⁻ μeq/ℓ	nss-K ⁺ μeq/ℓ	nss-Ca ²⁺ μeq/ℓ	nss-Mg ²⁺ μeq/ℓ	NH ₄ ⁺ μeq/ℓ
平成5年	中通 (5月～11月)	43.2	14.9	0.4	13.9	3.0	28.6
	仁別 (5月～11月)	31.5	13.7	0.6	6.4	—	33.2
	船川 (5月～11月)	29.3	14.5	0.3	8.9	—	15.6
	本山 (5月～11月)	24.2	9.1	2.0	6.5	—	15.2
年度	中通 (12月～3月)	89.3	21.2	0.4	13.9	3.0	33.2
	仁別 (12月～3月)	70.3	16.6	0.5	10.7	—	25.7
	船川 (12月～3月)	84.6	24.5	3.5	34.8	4.8	37.8
平成4年	中通 (4月～11月)	62.1	19.8	4.0	15.3	13.4	42.0
	仁別 (4月～11月)	49.6	18.3	1.6	8.8	1.7	28.4
	船川 (4月～11月)	55.7	22.6	2.5	15.9	1.4	31.4
	本山 (4月～11月)	39.6	16.4	3.1	8.5	2.0	23.6
年度	中通 (12月～3月)	89.3	22.2	0.4	36.2	7.5	43.4
	仁別 (12月～3月)	56.3	20.9	2.5	15.6	—	27.6
	船川 (12月～3月)	68.1	25.2	2.1	32.1	5.4	37.5

★ —は負の値を示す

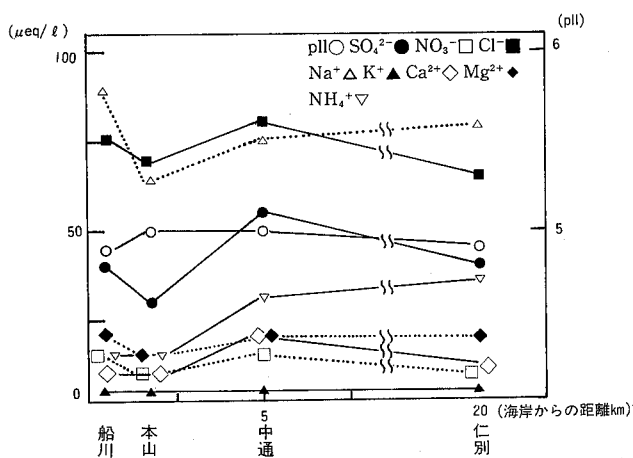


図5 降水中のpH及びイオン当量濃度

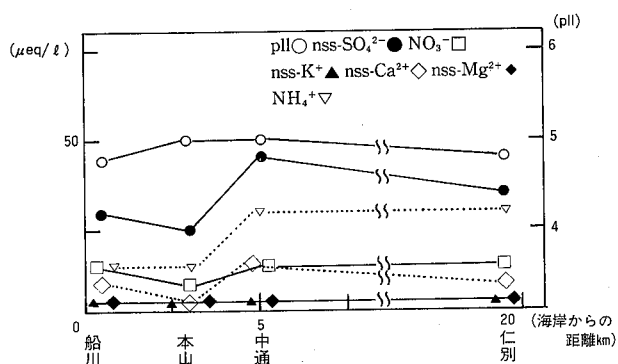


図6 降水中のpH及び非海塩粒子の平均濃度

各調査地点ともに、 Na^+ を指標として各成分における非海塩成分量を計算した。 nss-SO_4^{2-} は、本山に比べ中通が2倍くらい高い値を示しており、中通に硫黄酸化物の主要な発生源が存在することを示していると考えられる。また、 SO_4^{2-} の発生源が存在しないと思われる仁別は、中通に次いで高い値を示して

いるが、これは中通等からの拡散、移流によってもたらされたと推測される。

NO_3^- は、中通と船川及び仁別がほぼ同様な値を示した。これは、ほとんどが化石燃料の燃焼で生じた NO_x が光化学反応を受けて NO_3^- となり雨水中に取り込まれるが、 NO_x から NO_3^- として降水の中に取り込まれるまでには数時間を要し、この間に汚染気塊は発生源からかなりの距離を輸送されることになる。したがって、3地点がほぼ同様な値を示したことは、 NO_x の発生源からの反応を含む移流変質によるものと考えられる。⁶⁾

nss-K^+ は、市街地よりもバックランド地が高い値を示しており、土壌起源が主であると思われる。

Ca^{2+} は、土壌やコンクリートに多く含まれているため、道路粉じんが大きな発生源になっており⁷⁾、また、そのほとんどが粗大粒子中(11~2.1 μm)に含まれているため、降水時には発生源の近傍においてウォッシュアウトされるといわれているが⁷⁾、やはり発生源が多い市街地の中通や船川で高い値を示した。

NH_4^+ は、仁別、中通の順で高い値を示した。仁別が高い値を示したのは、局地的な取り込みによるものと思われる。

ウォッシュアウトおよびレインアウトによる取り込みについて考えた場合、海岸からの距離が3 km標高650 mの本山は、付近に発生源がなく標高も高いために、ウォッシュアウトによる取り込みはほとんどなく、レインアウトによる取り込みが大部分と考えられ、降水中の平均成分濃度は他の測定地点に比較して低い値を示している。

前述のように、各地点における降水量には多少の差はあるものの、週毎の変動は似た傾向があり、中通、仁別、船川および本山の測

定地点では、同一の雨雲によりもたらされる降水が多いと考えた場合、市街地の中通および船川また中通からの拡散、移流が考えられる仁別と本山のイオン濃度の差の大部分は、レインアウトによる取り込みと考えられる。

非海塩粒子については、図6より本山と中通、仁別および船川に nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- の成分に顕著な差がみられ、これらの成分がレインアウトにより地域的に取り込まれているのではないかと考えられる。

また、距離減衰についてみた場合、海岸から0.3Kmにある船川、5 Kmの中通および約20Kmの仁別の降水および非海塩粒子の平均成分濃度は、 NO_3^- および海洋起源と考えられる Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} の各成分について、船川、中通がほぼ同様な値を示し、仁別が低くなる距離減衰パターンを示していた。

3. 2 降水中のイオン比とpHの関係について

pHは、陰イオン及び陽イオン双方の濃度により影響されている。加藤ら⁹⁾は、陰イオンの計に対する陽イオンの比をとり降水のpHの関係をみた結果、 Ca^{2+} はややばらつきがみられるものの陰イオンとの比はpHと正比例の関係があること、また、 Ca^{2+} 以外の成分はpHとの明らかな関係はみられなかったと述べている。

そこで、降水のpH値を変動させる要因をみるために、陰イオンが降水の H^+ を増加させる酸性能力を持つものの、陽イオンがそれを抑制させる中和能力を持つという考えに立ち、陰イオンの計($\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{Cl}^-$)に対する陽イオンの比をとり、pHとの関係をみることにした。市街地である中通の平成5年度における一週間毎の降雨について、陰イオンの計に対する Ca^{2+} および NH_4^+ の比をとり、そ

の結果を図7、図8に示した。

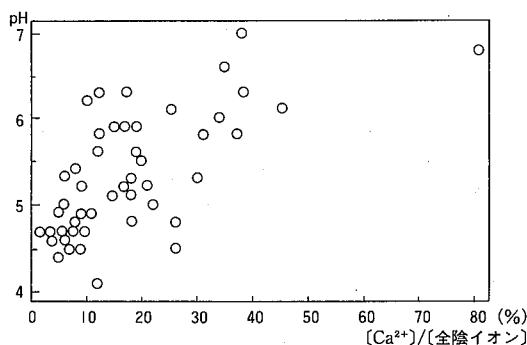


図7 $[\text{Ca}^{2+}]/[\text{全陰イオン}]$ とpHの関係

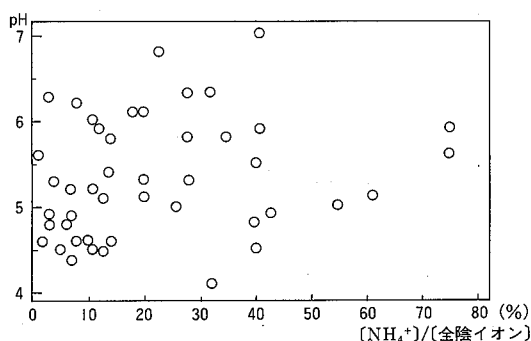


図8 $[\text{NH}_4^+]/[\text{全陰イオン}]$ とpHの関係

Ca イオンが少ない場合はばらつきがあったが、 $[\text{Ca}^{2+}]/[\text{全陰イオン}]$ の%が高くなるにつれて、また30%以上のときはあきらかに正比例の関係にあることが推定された。

また、 Ca^{2+} とともに降水のpHを中和させるといわれている NH_4^+ については、大気中の NH_4^+ の存在形態がほとんど $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ または NH_4HSO_4 の塩の形で存在している⁹⁾と考えられ、また、図8より各地点ともにpHとの明らかな関係が認められないため、降水の

pHに与える影響は小さいものと考えられる。

これらのことから、降水のpHを高める主な要因は Ca^{2+} が大きな関係をもたらしている

のではないかとと思われる。

3.3 エアロゾルについて

エアロゾルの粒度分布の測定は、汚染のパ

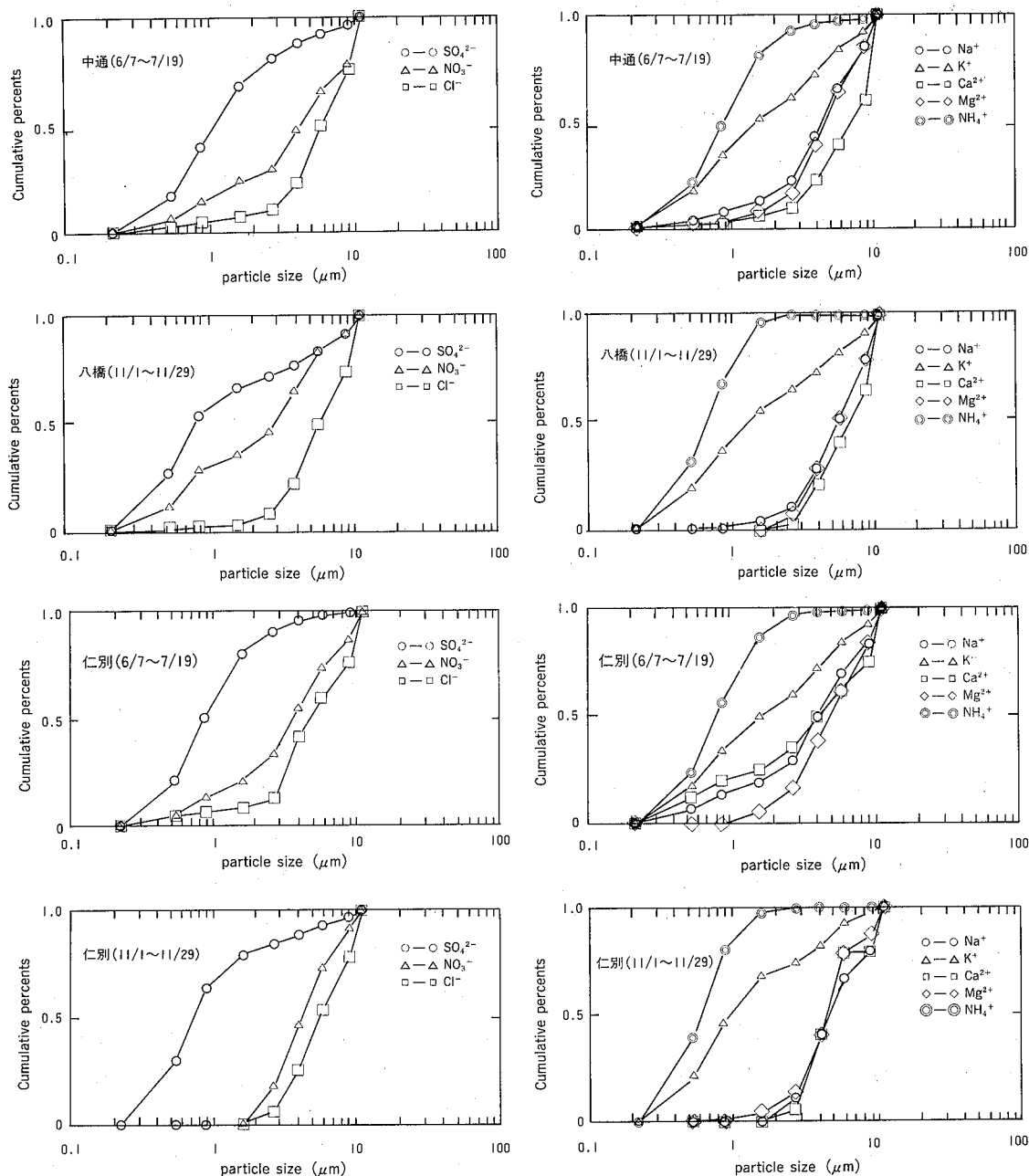


図9 各地点におけるエアロゾルの累積粒度分布曲線

ターンを把握しエアロゾルの発生源との関係あるいは挙動を知るうえで重要な手掛かりとなるといわれている。¹⁰⁾

そこで、各イオンの局地的な特徴を見るためにアンダーセンサンプラーを使用し、各地点のエアロゾルの粒度分布を検討してみた。

各地点のエアロゾルの累積粒度分布曲線および粒度分布曲線¹⁰⁾を、図9、図10に示した。

大気エアロゾル粒子の質量粒度分布は一般に粒径 $2\mu\text{m}$ 付近を境とし $0.5\sim 1\mu\text{m}$ と $4\sim 5\mu\text{m}$ に頂点を持った「2山型」を示すといわれており^{11,12)}、また、 $2\mu\text{m}$ 以上は機械的粉碎や自然発生源から生じた粒子、 $2\mu\text{m}$ 以下は燃焼過程や大気化学反応により生じる二次生成粒子といわれている。¹³⁾

よって粗大粒子を $2\mu\text{m}$ 以上、微小粒子を $2\mu\text{m}$ 未満とすることとした。

SO_4^{2-} は、ガス状大気汚染物質である硫酸酸化物が酸化され生成するとされており、粒度分布は微小粒子側に偏っているという報告があるが¹¹⁾、今回の調査でも各地点ともに $1.1\mu\text{m}$ 以下の範囲に集中しており同様な結果であった。

NO_3^- は、各地点ともに $2.1\sim 3.3\mu\text{m}$ にピークがやや見えるものの全体に存在していた。

これは、 NO_x はほとんどが化石燃料の燃焼で生じた NO_x が光化学反応を受けて生成されるため、光化学反応の進み具合により変化し、微小粒子側にはガス状大気汚染物質である二酸化窒素の酸化により生成された HNO_3 ガスと NH_3 ガスとの反応により生じた NH_4NO_3 の形態で、粗大粒子側には HNO_3 ガスと海塩由来の NaCl との反応により生じた NaNO_3 の形態で存在している¹¹⁾ ためではないかと思われる。

Na^+ および Cl^- は、両イオン共に粗大粒子

側に存在していた。

Cl^- の粗大粒子側における形態は、海塩粒子の NaCl であると思われるが、大気中で NO_2 から生成した HNO_3 と NaCl との反応により海塩粒子からの Cl^- の損失が生じ¹⁴⁾、粒子状物質中の Cl^-/Na^+ モル比が海水組成の比より小さくなるいわゆるクロリン・ロスにより、大気中の粒子状物質の Cl^-/Na^+ モル比は降水成分の Cl^-/Na^+ モル比と異なっていた。

NH_4^+ は、 SO_4^{2-} と同様に粒度分布は微小粒子側に偏っていた。

大部分の NH_4^+ は、人間の生活や生産活動あるいは土壌中の微生物の働き等により発生した NH_3 ガスが、大気中で H_2SO_4 ミストや HNO_3 ガスあるいは HCl ガスと反応して生成される¹¹⁾ ことによるとと思われる。

Ca^{2+} は $2.1\mu\text{m}$ 以上の粗大粒子側に存在しており、土壌やコンクリートに多量に含まれているため市街地である中通および八橋ではおのおの仁別の4倍程度の量であった。

後背地である仁別は、低レベルで全体の範囲に存在していた。

K^+ は、微小粒子側に偏っており秋に高い傾向が見られた。

これは、 K^+ は稲わら等の植物体を燃焼させた灰に多く含まれている¹⁵⁾ ことから、秋期の稲わら焼きの際に発生した灰などによる微小粒子が、この季節に K^+ の濃度が高くなる原因のひとつではないかと考えられる。

Mg^{2+} は、海塩由来のイオンとされており、 Na^+ と同様に粗大粒子側に存在していた。

エアロゾルの粒度分布範囲は、粗大粒子側には、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} および Cl^- 、微小粒子側には SO_4^{2-} 、 NH_4^+ および K^+ が、また NO_3^- は全体に存在していた。

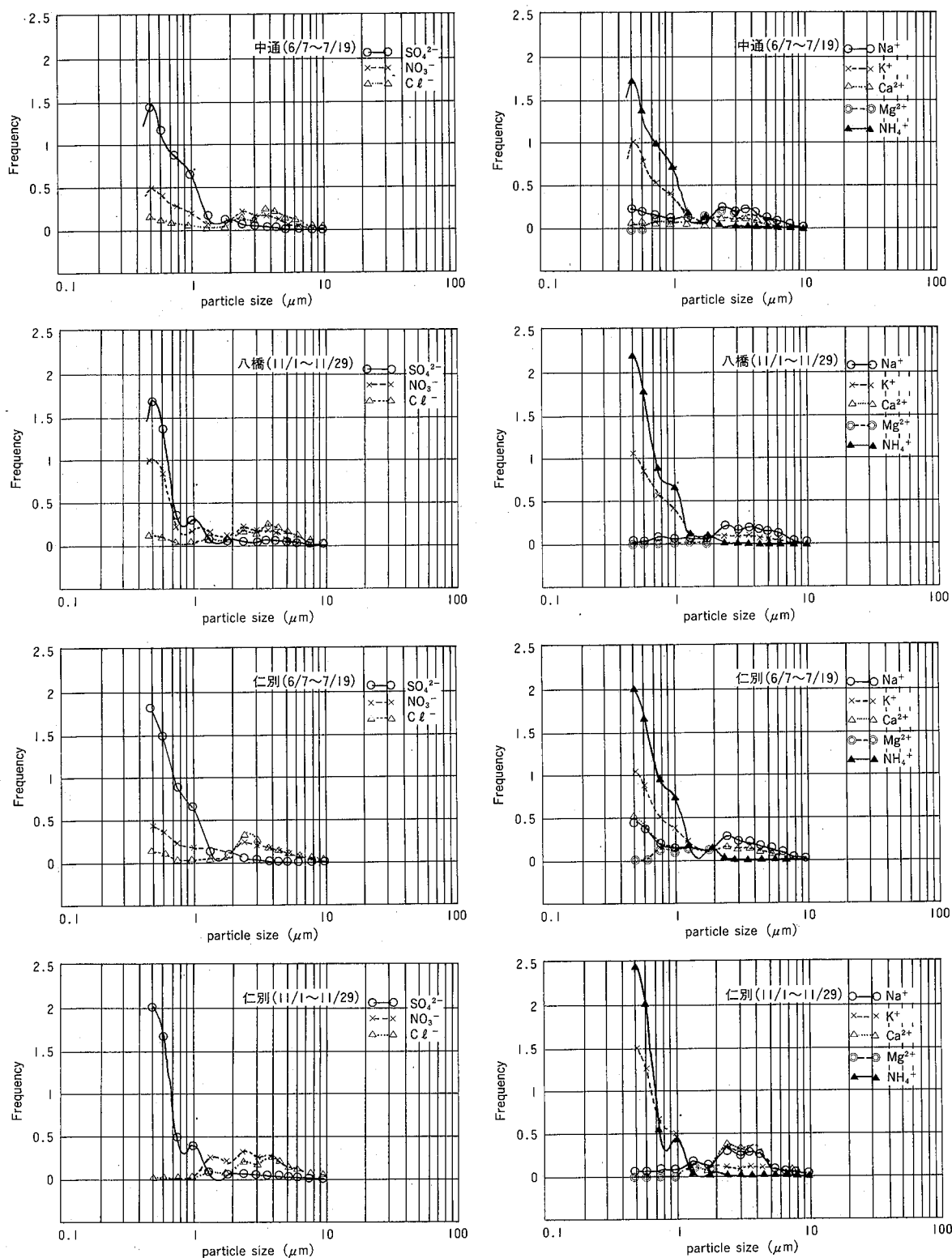


図10 各地点におけるエアロゾルの粒度分布曲線

地点別および季節別の相違は、仁別における秋期の NO_3^- が粗大粒子側にやや偏っている以外は、各成分共に特に目立った相違は認められなかった。

3.4 エアロゾルの粗大粒子と降水のイオン平均濃度の関係について

大気中の粒子状物質の降水によるウオッシュアウトの影響を調査した結果、粒径 $5\mu\text{m}$ 付近の比較的大きな粒子は降水によって大部分が大気中から除去されるが、粒径 $0.5\mu\text{m}$ 付近の粒子は必ずしも降水によって除去されるとは限らないという報告がある¹⁶⁾、また、粒子状物質は、粒径の大きいもののほど慣性衝突により雨滴に取り込まれやすいが、粒径が非常に小さくなると今度はブラウン運動により雨滴に取り込まれやすくなるので、一番捕捉されにくい粒子のは粒径は $0.1\mu\text{m}$ 付近と考えられているという報告もある。¹⁷⁾

よって、これらから雨滴に取り込まれにくい微小粒子に比べ、粗大粒子の成分は降水中心に取り込まれやすく、雨滴に取り込まれた粗大粒子の成分がpHに微妙に影響を与えているのではないかと考えることができる。

エアロゾルの粒度分布曲線および累積分布曲線より、粗大粒子側には Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} および Cl^- の大部分が存在しているのが認められている。しかし、前述のように粗大粒子側の Cl^- は海塩粒子の NaCl であると思われる、pHに影響を与えないと思われる。

そこで、雨滴に陽イオンの粗大粒子が取り込まれやすいことを確認するために、エアロゾル調査を実施した時の降水のイオン平均濃度の成分組成比と、陽イオンで大気中ではガス状で存在しない Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} および K^+ のエアロゾル中の粗大粒子の成分組成比を検討してみた。

降水のイオン平均濃度の成分組成比を表5に、イオン当量濃度比を図11に示した。

梅雨期の降水の Ca^{2+} 平均濃度は、中通 $13.4\mu\text{eq}$ 、発生源のない仁別は $0.7\mu\text{eq}$ と大きな差が見られた。 NO_3^- は同濃度であったが、他成分の濃度は仁別では中通の70%程度の濃度であった。また、当量濃度比については、 Ca^{2+} および H^+ の当量濃度比に大きな差が見られたが、その他の成分はほぼ同様であった。

前述のとおり、粗大粒子を $2\mu\text{m}$ 以上、微小粒子を $2\mu\text{m}$ 未満として、粗大、微小粒子状物質それぞれのイオン平均濃度を表6に、イオン当量濃度比を図12に示した。

中通、仁別ともに Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} および Cl^- の大部分が粗大粒子に、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ および K^+ の大部分は微小粒子に含まれており、そのうち SO_4^{2-} 、 NH_4^+ で90%弱を占めていた。

粗大粒子および降水中の陽イオン組成比を表7および図13に示した。

粗大粒子中と降水中心との陽イオン組成比は、仁別梅雨期が少しずれているものの、中通では Ca^{2+} が粗大粒子41.0%、降水が44.8%、また、仁別秋期では Na^+ が粗大粒子62.8%、降水が62.1%と非常によく一致しており、これらのことから、 Ca^{2+} 、 Na^+ および Mg^{2+} らの粗大粒子成分が、降雨によりウオッシュアウトされて降水中心に取り込まれ、pHに影響を与えているのではないと思われる。

表 5 降水中のイオンの平均濃度

単位: $\mu\text{eq}/\ell$

		H^+	Ca^{2+}	Na^+	NH_4^+	Mg^{2+}	K^+	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-
中通 (n=6)		15.6	13.4	11.6	39.8	3.4	1.5	58.5	23.1	12.7
仁 別	梅雨期 (n=6)	23.6	0.7	7.2	26.4	2.6	1.1	34.3	22.9	9.1
	秋 期 (n=4)	14.0	17.5	196.4	28.2	44.7	5.5	68.9	16.0	134.1
	全 体 (n=10)	19.8	7.4	82.9	27.1	19.4	2.9	48.1	20.1	59.1

表 6 粒子状物質中のイオンの平均濃度

単位: $\mu\text{eq}/\text{m}^3$

			Ca^{2+}	Na^+	NH_4^+	Mg^{2+}	K^+	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-
中通 (n=6)		粗大	3.2	3.2	1.1	1.0	0.4	2.8	2.2	1.8
		微小	0.4	1.4	16.2	0.2	0.8	14.9	1.1	0.3
仁 別	梅雨期 (n=6)	粗大	0.7	2.5	0.4	0.5	0.3	1.3	1.1	1.0
		微小	0.5	1.3	13.9	0.1	0.6	13.5	0.7	0.2
	秋 期 (n=4)	粗大	0.8	7.8	0.1	1.4	0.2	1.9	1.6	8.3
		微小	0.1	1.6	9.9	0.2	0.8	12.7	0.4	0.7
	全 体 (n=10)	粗大	0.7	4.6	0.3	0.8	0.3	1.5	1.3	3.9
		微小	0.3	1.4	12.3	0.1	0.7	13.2	0.6	0.4

表 7 粗大粒子及び降水の陽イオン組成比

単位: %

			Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	K^+	合 計
中通 (n=6)		粗大	41.0	41.1	12.8	5.1	100
		降水	44.8	38.8	11.4	5.0	100
仁 別	梅雨期 (n=6)	粗大	17.1	62.8	11.6	8.5	100
		降水	6.0	62.1	22.4	9.5	100
	秋 期 (n=4)	粗大	7.6	76.7	13.5	2.2	100
		降水	6.6	74.4	16.9	2.1	100
	全 体 (n=10)	粗大	11.1	71.6	12.8	4.5	100
		降水	6.6	73.6	17.2	2.6	100

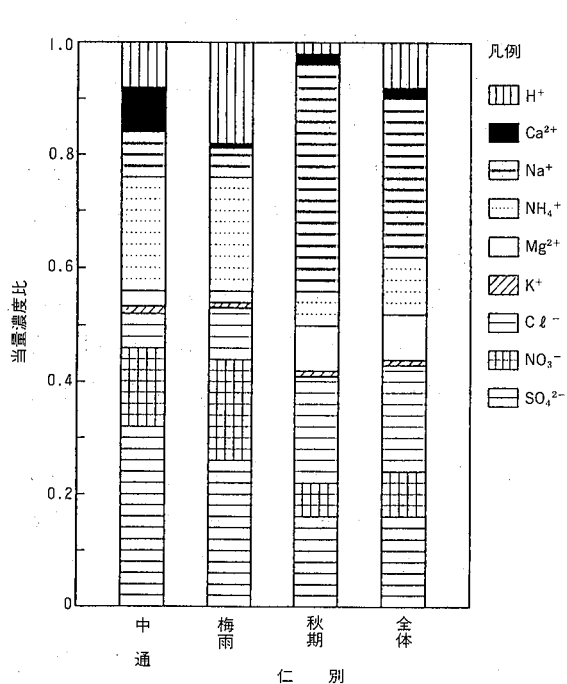


図11 降水中のイオン当量濃度比

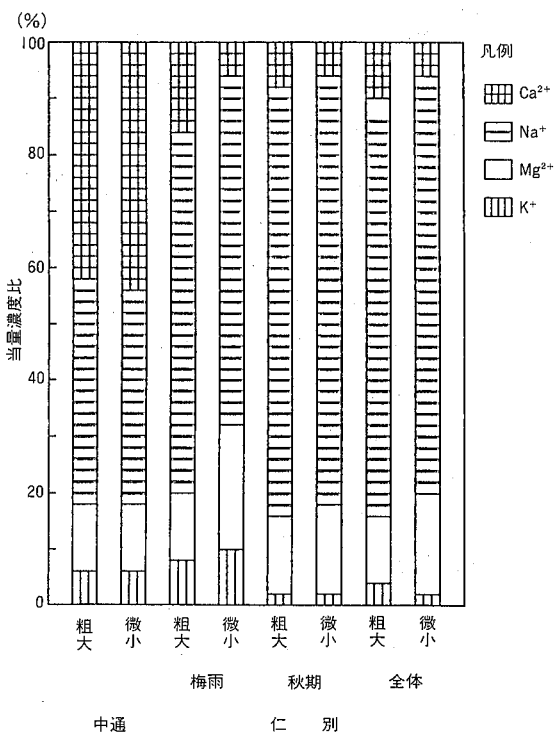


図13 粒大粒子および降水の陽イオン組成比

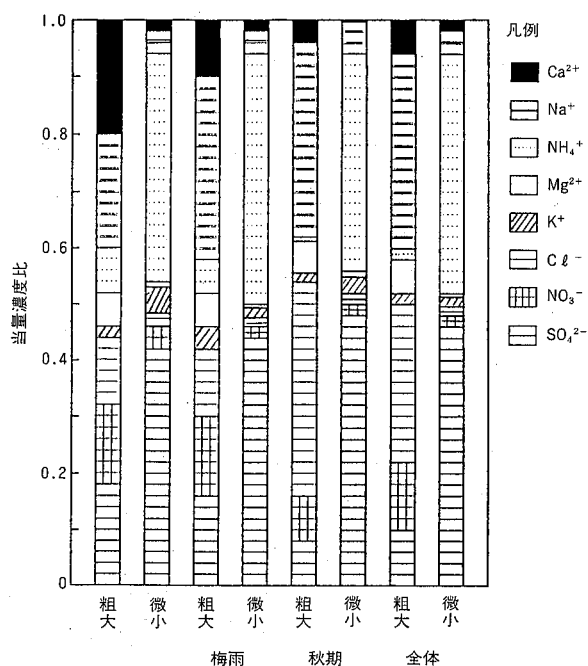


図12 粒子状物質のイオン当量濃度比

4 まとめ

酸性雨の状況を評価するには、pHだけでなく酸性雨に溶け込んでいるイオンや非降水時の大気中のエアロゾルについても併せて検討し解析を行う必要がある。

そこで、降水によるエアロゾルの取り込み過程を解明するため、降水と粒子状物質の同時調査を実施した。ここでは、粗大粒子中と降水中の陽イオン組成比について検討してみた。

1) pHの年平均では、大陸からの季節風を直接受けるバックランド地である標高650mの本山と都市部の中通が5.0と高く、船川と仁別が4.8であり、本山と中通はやや高い傾向がみられた。

2) 降水および非海塩粒子中の平均成分濃

濃度は、共にバックグラウンド地である標高650mの本山と他の測定地点とは、大きな差が認められた。

ほとんど全てレインアウトにより取り込まれていると思われる本山と異なり、他の地点でウオッシュアウトによる影響が大きくみられ、また、海洋起源が主である成分の距離減衰や汚染源から排出される成分の拡散、移流が認められた。

- 3) 降水中の全陰イオンと陽イオンの比ととりpHとの関係を調べた結果、降水のpHを高める主な要因は Ca^{2+} であることがわかった。
- 4) エアロゾルの粒度分布範囲は、粗大粒子側には Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} および Cl^- 、微小粒子側には SO_4^{2-} 、 NH_4^+ および K^+ が、また、 NO_3^- は全体に存在していた。
- 5) 粗大粒子と降水成分中の陽イオン成分組成比は非常によく一致しており、粗大粒子成分が降水によってウオッシュアウトされ、pHに影響を与えているのではないと思われる。

参 考 文 献

- 1) 村野健太郎：酸性雨と酸性霧 裳華房
- 2) 加藤善徳、矢本てるみ：日本各地の降水のpHと酸性能力 横浜市環境科学研究所年報 第17号 1993
- 3) 古明地哲人、朝来野国彦：乾性降下物採集法およびその化学成分特性の検討 大気汚染学会誌 第29巻 第2号 1994
- 4) 児玉仁、井島辰也、成田理、久米均：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 秋田県環境技術センター 第19号 (1991)
- 5) 児玉仁、井島辰也、久米均：酸性雨に関する調査研究—Washoutに関する考察— 秋田県環境技術センター 第20号 (1992)
- 6) 古明地哲人：乾性、湿性降下物中化学成分と降下量の地点特性 東京都環境科学研究所年報 1991
- 7) 島田ひろ子、張山嘉道、緒方行治：川崎における酸性雨(第1報)—臨海部の実態と地域特性— 川崎公害研究所年報 第19号 1993
- 8) 加藤善徳、草野一、鶴田治雄：降水及び粒子状物質の同時調査 酸性雨に関する調査研究報告書 横浜市環境科学研究所年報 1993. 3
- 9) 牧野宏、才木義夫、野島秀子：雨水成分と大気汚染との関係 全国公害研会誌 Vol. 1 No. 2
- 10) 藤村満、橋本芳一：アンダーセン・サンプラーによるエアロゾルの粒度分布の解析 BUNSEKI KAGAKU VOL. 24 (1974)
- 11) 大野達雄：大津市地域におけるエアロゾルとそのイオン成分の粒度分布と季節変動 滋賀県立衛生環境センター年報 1991
- 12) 笠原三樹夫：大気中における粒子の挙動—生成・変質・除去— 大気汚染学会誌 第29号 第6号 1994
- 13) 松本光弘：田園都市地域におけるエアロゾルの無機イオン成分 大気汚染学会誌 第21号 第6号 1986
- 14) 鈴木伸、編：大気環境の科学、I、大気の光化学 東京大学出版会 1979
- 15) 斎藤勝美、武藤一、滝澤行雄、小玉幹夫：稲わら焼却灰の化学組成について 第30回大気汚染学会講演要旨集 1989

- 16) 小林英生、橋本芳一：エアロゾルの粒度
分布に対する降水の影響 第17回大気汚染
研究全国協議会大会講演要旨集 1976
- 17) 玉置元則：大気汚染と雨水の酸性化—
我が国の酸性雨の現状と課題 PPM—
1984/3