

亜硫酸ガスによる煙害調査について

(第 2 報)

児 玉 栄 一 郎

斉 藤 ミ キ

船 木 忠 一

I はじめに

銅、亜鉛の精錬所として有名な小坂鋳業所から放出される亜硫酸ガスと、附近にある林木の生育状態との関係について、昭和40年に秋田営林局の計画に基づき調査を行ったことは、秋田県衛生科学研究所報No.10に報告したとおりであるが、今年度も引続き調査を実施し、亜硫酸ガスを測定したので、その成績について述べる。

II 亜硫酸ガスの測定法

前年度同様に二酸化鉛法で、各地点に百葉箱を固定し約1ヶ月間放置した二酸化鉛円筒について；クロラニル酸バリウム法により比色定量を行った。調査期間は昭和41年5月～10月までの6ヶ月間で、各月における二酸化鉛円筒の設置日数は第1表のとおりである。

第1表 二酸化鉛円筒の設置期間明細表

地点	5 月		6 月		7 月		8 月		9 月		10 月	
	設置期間	設置日数	設置期間	設置日数	設置期間	設置日数	設置期間	設置日数	設置期間	設置日数	設置期間	設置日数
No. 1	5. 7.13.55	24.11	5.31.16.05	30.30	7. 1.10.27	31.10	8. 1.12.57	29.93	8.31.11.17	29.99	9.30.10.56	32.97
	5.31.16.05		7. 1.10.27		8. 1.12.57		8.31.11.17		9.30.11.56		11. 2.10.08	
No. 2	5. 7.14.54	24.08	5.31.16.45	30.31	7. 1.11.25	31.10	8. 1.13.42	29.92	8.31.11.52	30.00	9.30.11.53	33.10
	5.31.16.45		7. 1.11.25		8. 1.13.42		8.31.11.52		9.30.11.53		11. 2.14.34	
No. 3	5. 7.16.17	24.65	6. 1.07.55	31.00	7. 2.08.10	31.02	8. 2.08.35	29.29	8.31.15.33	30.00	9.30.15.34	33.74
	6. 1.07.55		7. 2.08.10		8. 2.08.35		8.31.15.33		9.30.15.34		11. 3.19.03	
No. 4	5. 7.16.47	24.60	6. 1.11.66	30.35	7. 2.08.33	31.04	8. 2.09.24	29.28	8.31.16.07	30.00	9.30.16.00	33.73
	6. 1.11.66		7. 2.08.33		8. 2.09.24		8.31.16.07		9.30.16.00		11. 3.09.34	
No. 5	5. 9.15.57	22.86	6. 1.12.35	30.36	7. 2.10.25	31.03	8. 2.11.14	29.97	9. 1.10.34	30.04	10. 1.11.32	32.00
	6. 1.12.35		7. 2.10.25		8. 2.11.14		9. 1.10.34		10. 1.11.32		11. 3.11.30	
No. 6	5. 9.13.06	22.88	6. 1.10.25	31.01	7. 2.11.03	31.03	8. 2.11.53	29.20	8.31.16.43	29.99	9.30.16.25	33.82
	6. 1.10.12		7. 2.11.03		8. 2.11.53		8.31.16.43		9.30.16.25		11. 3.12.06	
No. 7	5. 9.13.20	22.88	6. 1.10.25	31.02	7. 2.11.39	31.08	8. 2.13.37	29.81	9. 1.08.32	29.98	10. 1.08.06	33.21
	6. 1.10.25		7. 2.11.39		8. 2.13.37		9. 1.08.32		10. 1.08.06		11. 3.13.15	
No. 8	5. 9.11.00	21.95	5.31.09.45	31.00	7. 1.10.00	28.16	7.29.13.49	31.80	8.30.08.55	29.72	9.29.02.10	33.46
	5.31.09.45		7. 1.10.00		7.29.13.49		8.30.08.55		9.29.02.10		11. 1.13.05	
No. 9	5. 9.13.40	22.03	5.31.14.15	30.34	7. 1.11.00	29.12	7.30.15.20	—	8.31.14.30	29.08	9.29.16.20	32.94
	5.31.14.15		7. 1.11.00		7.30.15.20		8.31.14.30		9.29.16.20		11. 1.14.45	
No. 10	5. 9.15.00	21.98	5.31.14.35	30.35	7. 1.11.35	29.11	7.30.14.08	32.05	8.31.15.15	30.03	9.30.16.00	31.94
	5.31.14.35		7. 1.11.35		7.30.14.08		8.31.15.15		9.30.16.00		11. 1.14.30	
No. 11	5. 7.10.07	24.17	5.31.14.15	30.29	7. 1.08.13	31.04	8. 1.09.15	29.95	8.31.08.07	30.01	9.30.08.22	33.12
	5.31.14.15		7. 1.08.13		8. 1.09.15		8.31.18.07		9.30.08.22		11. 2.11.11	

No.12	5. 9.10.03 ~ 6. 1.08.50	22.95	6. 1.08.50 ~ 7. 1.14.35	30.09	7. 1.14.35 ~ 8. 1.15.43	31.04	8. 1.15.43 ~ 8.31.14.43	29.96	8.31.14.43 ~ 9.30.14.50	30.00	9.30.14.50 ~ 11. 3.08.20	33.73
No.13	5. 9.14.21 ~ 6. 1.11.33	22.90	6. 1.11.33 ~ 7. 2.09.04	30.36	7. 2.09.04 ~ 8. 2.10.07	31.04	8. 2.10.07 ~ 9. 1.09.16	29.96	9. 1.09.16 ~ 10. 1.08.51	29.98	10. 1.08.51 ~ 11. 3.09.50	33.04
No.14	5. 9.15.03 ~ 6. 1.12.07	22.88	6. 1.12.07 ~ 7. 2.09.34	30.36	7. 2.09.34 ~ 8. 2.10.35	31.04	8. 2.10.35 ~ 9. 1.09.59	29.98	9. 1.09.59 ~ 10. 1.11.21	30.06	10. 1.11.21 ~ 11. 3.11.03	33.00
No.15	5. 7.17.49 ~ 6. 1.13.40	24.83	6. 1.13.40 ~ 7. 2.13.15	30.39	7. 2.13.15 ~ 8. 2.14.53	31.07	8. 2.14.53 ~ 8.31.17.25	29.11	8.31.17.25 ~ 9.30.16.58	29.98	9.30.16.58 ~ 11. 3.13.40	33.86
No.16	5.10.15.20 ~ 5.31.09.45	20.77	5.31.09.45 ~ 7. 1.10.05	31.00	7. 1.10.05 ~ 7.29.10.40	28.03	7.29.10.40 ~ 8.30.10.35	32.00	8.30.10.35 ~ 9.29.10.17	29.99	9.29.10.17 ~ 11. 1.11.00	33.03
No.17	5.10.16.22 ~ 5.31.09.25	20.81	5.31.09.25 ~ 7. 1.09.40	31.00	7. 1.09.40 ~ 7.29.10.00	28.01	7.29.10.00 ~ 8.30.09.55	32.00	8.30.09.55 ~ 9.29.09.50	30.00	9.29.09.50 ~ 11. 1.10.30	33.03
No.18	5.10.10.00 ~ 5.31.11.00	21.04	5.31.11.00 ~ 7. 1.11.20	31.00	7. 1.11.20 ~ 7.29.13.02	28.07	7.29.13.02 ~ 8.30.14.40	32.07	8.30.14.40 ~ 9.30.14.15	30.98	9.30.14.15 ~ 11. 2.11.35	32.89
No.19	5.10.08.50 ~ 5.31.15.10	21.26	5.31.15.10 ~ 7. 1.14.20	30.39	7. 1.14.20 ~ 7.30.10.30	28.84	7.30.10.30 ~ 8.31.08.55	31.93	8.31.08.55 ~ 9.30.10.15	30.06	9.30.10.15 ~ 11. 2.09.20	32.96
No.20	5.10.10.30 ~ 5.31.14.10	21.15	5.31.14.10 ~ 7. 1.13.45	30.39	7. 1.13.45 ~ 7.30.09.45	28.83	7.30.09.45 ~ 8.31.09.50	32.00	8.31.09.50 ~ 9.30.09.30	29.99	9.30.09.30 ~ 11. 2.08.10	32.95

II 成績

(1) 気象観測

昨年同様に、小坂鉱業所にある気象観測所で、1日4回(3時, 9時, 15時, 21時)観測をした成績を取纏めたもので、その平均成績を第2表に示す。調査期間中の平均風向は2.7%~12.0%で、北風が12%で一番頻度が高く、次が南西風で11.7%、西風8.7%、西南西風6.1%

の順になっている。随って総体的には西の方から吹いて来る風が多い。又平均風速は、西南西風が3.6m/sec、南西風3.5m/sec、西風3.4m/secの順で、調査期間中の総平均風速は2.7m/secである。気温は10月の12.7°C~8月の23.7°C、湿度は5月の74.3%~7月の86.6%、雨量は5月の146mm~7月の462.5mmの範囲で、前年の平均雨量131mmより比較し、今年度は平均238.7mmで倍近い雨量である。

第2表 気象観測値

月別	風向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	静	平均	気温 °C	湿度 %	雨量 mm
5月	風向頻度%	6.5	1.6	3.2	2.4	5.6	7.3	5.6	3.2	5.6	6.5	10.5	8.1	10.5	7.3	5.6	8.1	2.4		13.0	74.3	146.0
	平均風速 m/sec	2.0	4.4	2.4	4.7	4.5	2.8	1.8	2.8	3.3	2.2	2.6	3.3	4.7	4.4	4.7	1.7	—	3.4			
6月	風向頻度%	7.5	1.7	9.1	5.8	5.0	5.8	5.8	2.5	6.7	6.7	12.6	3.3	9.1	4.2	10.8	1.7	1.7		16.7	76.9	240.3
	平均風速 m/sec	1.8	1.6	3.4	4.7	3.6	2.9	3.0	1.7	3.5	3.2	2.8	5.2	3.3	3.0	1.9	1.3	—	2.9			
7月	風向頻度%	7.3	2.4	4.0	3.2	1.6	3.2	6.5	1.6	5.6	11.3	19.5	6.5	12.9	3.2	4.0	3.2	4.0		20.2	86.6	462.5
	平均風速 m/sec	1.0	2.3	1.2	2.5	0.7	3.5	2.8	2.5	2.4	2.8	3.3	4.4	3.3	2.1	1.3	0.8	—	2.3			
8月	風向頻度%	17.0	3.2	4.8	2.4	3.2	4.0	3.2	3.2	3.2	13.8	6.5	4.8	8.2	4.8	3.2	5.6	8.9		23.7	83.7	182.3
	平均風速 m/sec	1.6	2.0	2.7	1.6	2.9	4.5	2.0	2.6	2.3	2.3	4.0	3.4	2.2	3.1	2.3	1.4	—	2.9			
9月	風向頻度%	20.0	1.7	3.3	3.3	6.8	5.0	3.3	2.5	5.0	10.0	10.0	5.8	5.8	4.2	5.0	5.0	3.3		17.5	82.8	153.7
	平均風速 m/sec	2.2	1.6	0.9	3.3	2.9	3.3	3.5	1.8	2.8	2.3	3.5	2.9	2.9	3.6	3.1	1.8	—	2.7			

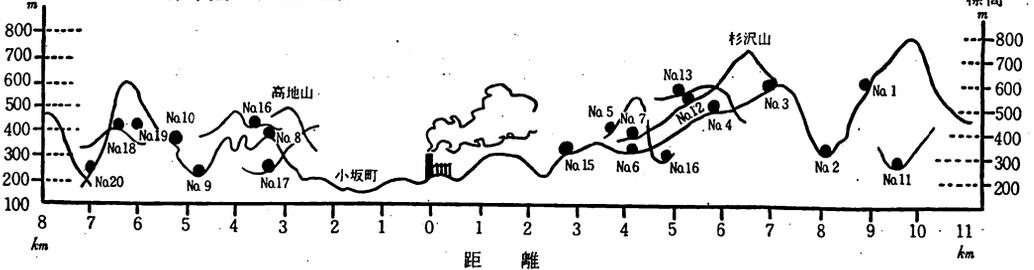
10月	風向頻度%	14.5	0.6	8.1	3.2	4.8	3.2	4.8	1.6	1.6	7.3	11.4	8.2	5.6	3.2	6.5	5.6	4.8	12.7	85.0	247.1
	平均風速 m/sec	2.3	2.4	1.9	2.1	2.2	2.9	1.8	1.8	1.3	2.1	2.7	2.6	3.9	3.1	1.5	2.7	—			
平均	風向頻度%	12.0	2.7	5.4	3.4	4.5	4.8	4.9	2.5	4.6	9.2	11.7	6.1	8.7	4.5	5.9	4.9	4.2	17.3	81.6	238.7
	風速 m/sec	1.8	2.4	2.1	3.2	2.8	3.3	2.5	2.2	2.6	2.5	3.5	3.6	3.4	3.2	2.5	1.6	—			

(2) 調査地点と亜硫酸濃度

今回の調査地点は、前年度に調査したNo. 1~No. 10の10地点と、新たに追加されたNo. 11~No. 20までの10地点の合計20地点が営林局の計画で選定された。その断

面図を第1図に示したが、煙源を中心として東方にNo. 1~No. 7及びNo. 11~No. 15までの12地点、西方にはNo. 8~No. 10及びNo. 16~No. 20までの8地点である。

第1図 調査地点断面図



次に各地点の亜硫酸測定成績を第3表に示したが、5月における亜硫酸濃度の最も高い地点はNo. 15で5.78mg/day/100cm³PbO₂であり、6月にはNo. 16の3.72mg/day/100cm³PbO₂、7月は5月と同地点のNo. 15で3.28mg/day/100cm³PbO₂、8月は9月と同地点のNo. 16で2.00mg/day/100cm³PbO₂、9月はNo. 4で6.63mg/day/100cm³PbO₂、10月は6月、8月と同じ地点のNo. 16で6.71mg/day/100cm³PbO₂である。これ等調査地点20ヶ所における6ヶ月間の平均成績をみると、亜硫酸濃度の最高地点はNo. 15で、3.26mg/

day/100cm³PbO₂である。このNo. 15は煙源より東方に位置し、煙源からの距離2.5kmで、20地点中、一番近距離にあって、標高300mで煙源とほぼ等しい高さの台地である。次に濃度の高い地点はNo. 16の3.10mg/day/100cm³PbO₂であるが、この地点は煙源の西方に位置し、その距離3.5km、標高440mの峰である。一方、亜硫酸含量の少ない成績を示している地点、No. 2、No. 9、No. 11、No. 14、No. 20をみると、その標高が煙源とほぼ等しいか、または、それ以下で、どれも低い場所にある谷間であることは面白い。

第3表 亜硫酸ガス測定成績

調査地点	地形	標高 m	煙源からの距離 km	煙源からの方位	斜面、峰谷の方位	SO ₂ mg/day/cm ³ PbO ₂							
						5月	6月	7月	8月	9月	10月	平均	
No. 1	峰	600	9.0	NE	63	SWS	1.94	0.19	1.21	0.57	0.48	1.14	0.92
No. 2	谷間	300	8.0	NE	62	S	0.24	0.69	0.36	0.14	0.16	0.40	0.33
No. 3	あん部	580	7.0	NE	62	E	1.56	0.62	1.89	1.09	1.37	1.59	1.35
No. 4	台地	500	5.5	NE	65	—	2.42	0.64	1.50	0.69	6.63	1.19	2.18
No. 5	中腹	400	4.0	NE	80	W	2.24	0.68	1.40	0.75	1.23	1.23	1.26
No. 6	山ろく	350	4.0	NE	65	W	3.41	1.24	2.49	0.95	1.97	1.64	1.95
No. 7	台地	380	4.0	NE	61	—	2.77	0.83	2.56	1.07	2.03	2.05	1.88
No. 8	峰	380	3.5	NW	73	S	1.31	1.91	1.38	0.96	1.44	1.70	1.45
No. 9	谷間	220	5.0	NW	86	E	0.16	0.23	0.18	—	0.31	0.21	0.22
No. 10	尾根	340	5.0	NW	87	E	0.89	0.29	0.59	0.78	1.30	1.15	0.83
No. 11	谷間	260	9.5	NE	75	SW	0.19	0.99	0.17	0.07	0.13	0.12	0.28
No. 12	中腹	500	5.5	NE	55	W	1.48	0.88	2.01	0.97	1.47	1.53	1.39
No. 13	峰	540	5.0	NE	78	W	2.12	0.81	1.30	1.20	14.0	1.36	1.37
No. 14	谷間	300	4.5	NE	90	SWS	0.25	0.18	0.13	0.14	0.30	0.25	0.21
No. 15	台地	300	2.5	NE	65	—	5.78	1.89	3.28	1.95	2.77	3.87	3.26
No. 16	峰	440	3.5	SW	63	WE	3.14	3.72	0.85	2.00	2.15	6.71	3.10
No. 17	谷間	220	3.0	SW	77	W	1.34	2.00	0.85	1.22	1.12	2.31	1.47
No. 18	峰	400	6.5	SW	70	S	0.56	0.64	0.18	0.74	0.58	1.17	0.65
No. 19	尾根	400	6.0	SW	85	SE	1.25	1.50	0.70	1.27	1.58	2.10	1.40
No. 20	谷間	220	7.0	SW	85	SE	—	0.19	0.25	0.13	0.13	0.08	0.16

(3) 林木の被害率と亜硫酸濃度

秋田営林局で調査をした林木（カラマツ、クロマツ、アカマツ、スギ）の中から、カラマツについての調査成績を第4表に示す。現在カラマツの生えていない地点No.15を除いては、各地点にあるカラマツの50本当りの平均成績を示したものである。被害率としては、樹型によるものと、葉色によって判定したものがあるが、前年と同じように、完全なものを○、被害を受けているが今

後煙害を受けなければ生育可能なものを△とし、枯死したもの及び生育不可能なものを×とし区別した。△と×の二つを被害あるものとし、これと亜硫酸濃度と比較検討したものが第2図(A)、(B)であり、平均生長と亜硫酸濃度との関係を示したのが第2図(C)である。気象条件や調査地点の地形等、多分に影響あるfactorが存在する為、正確には比較出来ないが、大体において、カラマツの被害率は亜硫酸濃度が高い程大きくなっている事が解る。

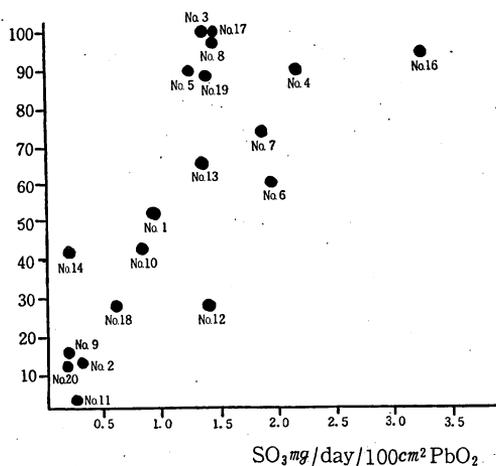
第4表 林木の生育状態

調査地点	樹種	植付年度	調査本数	平均樹高 (cm)	平均生長 (cm)	被害率 %								
						樹型				葉色				
						○	△	×	△+×	○	△	×	△+×	
No. 1	カラマツ	昭和33秋	50	200	36	48	22	30	52	10	48	42	90	
No. 2	"	" 35秋	50	197	44	88	2	10	13	78	16	6	11	
			50	858	77	86	10	4						
No. 3	"	" 29秋	50	162	7	—	2	98	100	—	8	92	100	
No. 4	"	" 34春	50	121	14	10	30	60	90	—	28	72	100	
No. 5	"	" 34秋	50	134	19	10	12	78	90	—	20	80	100	
No. 6	"	" 35春	50	115	13	40	14	46	60	2	44	54	98	
No. 7	"	" 35春	50	133	17	26	28	46	74	—	32	68	100	
No. 8	"	" 36秋	50	61	6	—	2	14	84	98	—	14	86	100
No. 9	"	" 36秋	50	224	30	84	16	—	16	48	50	2	52	
No. 10	"	" 30秋	50	134	14	44	36	20	43	20	42	38	90	
			50	500	15	70	20	10						
No. 11	"	" 35秋	50	354	77	98	2	—	2	76	24	—	24	
No. 12	"	" 36春	50	148	20	72	6	22	28	8	60	32	92	
No. 13	"	" 32秋	50	164	11	34	24	42	66	2	34	64	98	
No. 14	"	" 35秋	50	164	14	58	30	12	42	52	38	10	48	
No. 15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
No. 16	カラマツ	昭和35秋	50	49	7	12	4	84	94	—	14	86	100	
			50	130	—	—	100							
No. 17	"	" 35秋	50	72	6	—	18	22	100	—	14	86	100	
No. 18	"	" 35秋	50	98	19	72	22	6	28	32	58	10	68	
No. 19	"	" 35秋	50	49	7	12	4	84	88	—	14	86	100	
No. 20	"	" 37秋	50	145	34	88	10	2	12	88	12	—	12	

- …被害のないもの
- △…今後煙害を受けなければ林木として生育可能なもの。
- ×…全く枯死したものか又は今後煙害を受けなくても生育不可能なもの

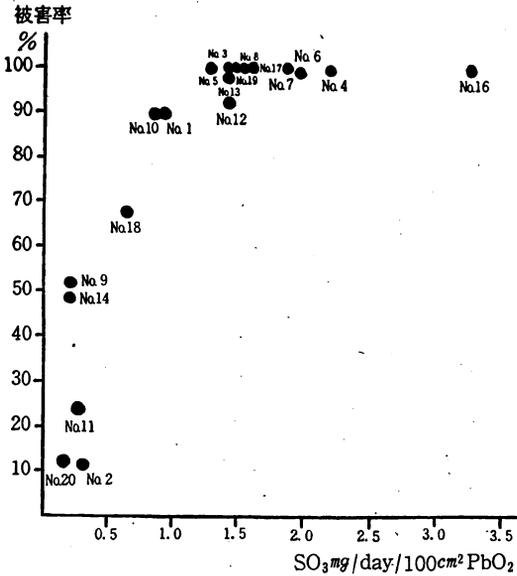
第2図

(A) 樹型による被害率と亜硫酸濃度



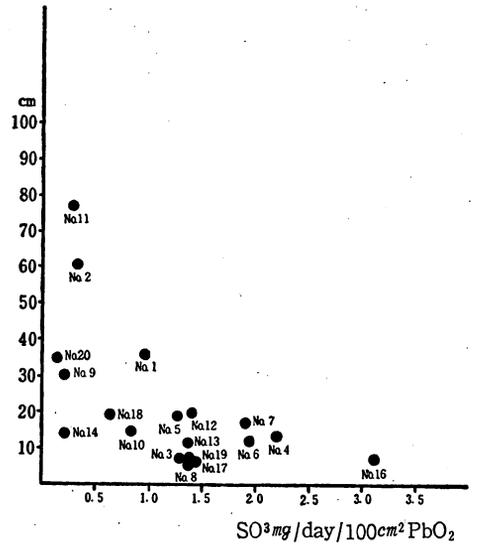
第2図

(B) 葉色による被害率と亜硫酸濃度



第2図

(C) 平均生長と亜硫酸濃度

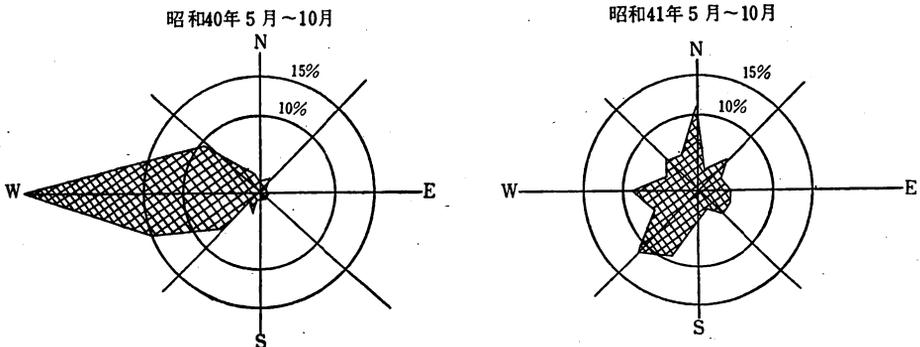


Ⅳ 前年度との比較検討

昭和40年5月～10月の6ヶ月間における調査と、今回の5月～10月の6ヶ月間における調査で、同一地点であるNo. 1～No. 10.までの成績について比較をしてみた。最初に、前回と今回の調査期間の平均風向は、第3図に示しているとおり、前は西から吹いて来る風がその殆どを占めており、西風が31.3%、西南西風が15.1%、南

西風6.0%であるのに対し、東風1.8%、東南東風2.1%、東北東風1.4%の割合であったが、今回は北風が12.0%で最高の頻度を示し、西風8.7%、西南西風6.1%、南西風11.7%に対し、東風4.5%、東南東風4.8%、東北東風3.4%の割合で、東風と西風の差が前回程大きくはない。併し総体的には矢張西の方から吹いて来る風が多くなっている。

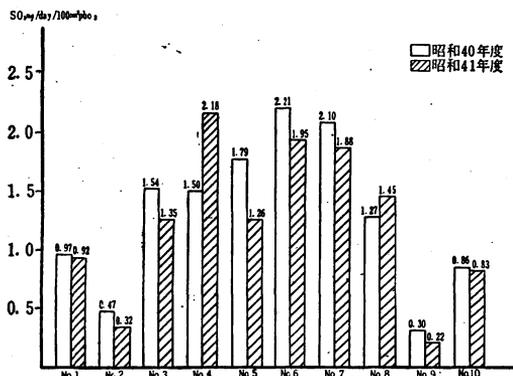
第3図 風 向 頻 度



次に、各地点の亜硫酸濃度は第4図によっても解るように、前回の最大地点は、煙源からの距離4 km、標高350mのNo6.で、その濃度は $2.21mg/day/100cm^2 PbO_2$ であったが、今回の最大地点は煙源からの距離5.5km、標高500mのNo. 4で濃度は $2.18mg/day/100cm^2 PbO_2$ である。このよう

に最大濃度の地点につれはあっても各地点の濃度を観察すると、昨年と余り大した変化がないように考えられる。なお小坂精錬所の排煙量は前回の平均量が $9.9 \times 10^5 N m^3/月$ で、今回の平均量は $9.12 \times 10^5 N m^3/月$ であることが小坂鉱業所の調査で明らかにされている。

第4図 亜硫酸濃度比較



V 結果及び考察

今年度調査したNo. 1～No. 20までの地点は何れも亜硫酸を検出しており、その濃度は二酸化鉛法で0.16～3.26mg/day/100cf PbO₂である。このうち一番濃度の高い地点は、煙源から2.5kmの距離で標高300mのNo. 15の地点である。一方濃度の低い地点は、煙源からの距離7km、標高220mの西方にある谷間で、煙源より低い地点は何れも低濃度を示している。又調査期間の風向は北風が12%で最も高い頻度であるが、総体的には前回と同じように西から吹いて来る風が多い。更にカラマツの被害率を生長、樹型、葉色から判定し、何れも亜硫酸濃度が高い地点は被害率も強く、約20%の被害率は大体0.5

mg/day/100cf PbO₂の亜硫酸濃度であることも昨年の調査と等しい成績状態である、亜硫酸ガスによる煙害は、その場所の地理的状況と気象学的条件に大きく支配される事は前回でも述べたが、昭和40年5月～10月、昭和41年5月～10月と2年に亘る調査の結果では、亜硫酸濃度や、気象観測値、並びに被害状況等から推察して、煙源の周囲が山で囲まれている小盆地のような地形にある場所は、気象条件に多少の相違があっても、煙源の周囲に与える長期間における被害の程度は、工場からの排煙量が違わない限り大した差違はないものであらうと云うことが考えられる。

稿を終るに際し、貴重な参考資料の提供等色々と御援助を戴きました秋田営林局の浅井敬三技官に心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) 松井為三郎, 小林曾太郎: 衛生化学, 11.4 (1965)
- 2) 日本空気清浄協会: 空気清浄, 3.3 (1965)
- 3) 神奈川県京浜工業地帯大気汚染防止対策技術小委員会: 大気汚染調査研究報告, 第8報 (昭40)
- 4) 英国理工学研究局編: 大気汚染測定法
- 5) 寺部本次: 二酸化鉛法による亜硫酸ガス汚染の測定法 (大気汚染 Vol. 2, No. 5 別刷)
- 6) 児玉栄一郎, 斉藤ミキ, 船木忠一: 亜硫酸ガスによる煙害調査について, 秋田県衛生科学研究所報, 第10輯, 39～45, 1966