

## 7 秋田湾地区の二酸化硫黄による植物影響調査

秋田湾地区における大気中の二酸化硫黄の植物に対する影響を把握するために樹木、農作物、土壌を対象に葉中の硫黄含有量、土壌中の硫黄含有量、水素イオン濃度の調査を実施した。対象樹木としてクロマツ（2年葉）、ケヤキ（1年葉）、農作物は水稻、ナシを選定し、土壌はこれらを採取した地点の表層（地表下約5cm層）及び下層（地表下約30cm下層部）の二層を採取した。その結果は下記のとおりである。

### (1) 植物葉中の硫黄含有量

全硫黄については最高がクロマツの0.122%、最低はイネの0.036%で、平均値ではケヤキが0.088%と最も高く次いでクロマツ0.078%、ナシ0.075%、イネ0.056%となっている。

水溶性硫黄については最高がクロマツの0.079%、最低がこれもクロマツの0.018%で平均値では、全硫黄同様イネ、ナシ、クロマツ、ケヤキの順に高くなる傾向にある。

植物葉中の硫黄含有量調査結果

対象植物	調査地点数	全硫黄 (%)	水溶性硫黄 (%)
クロマツ (2年葉)	11 (うちアカマツ1)	0.049 ~ 0.122 (0.078)	0.018 ~ 0.079 (0.040)
ケヤキ (1年葉)	4	0.062 ~ 0.113 (0.088)	0.032 ~ 0.053 (0.045)
ナシ	3	0.068 ~ 0.089 (0.075)	0.023 ~ 0.042 (0.034)
イネ	8	0.036 ~ 0.078 (0.056)	0.019 ~ 0.057 (0.028)

(注) 硫黄含有量の( )内は平均値を表わす。

### (2) 土壌中の硫黄含有量及び水素イオン濃度

水溶性硫黄含有量については、表層、下層土とも、イネが最高値を示し、表層土は150ppm、下層土は128ppmでクロマツ、ケヤキ、ナシに比らば表層、下層間の硫黄含有量のバラツキが大きい傾向にある。また表層と下層を比較すると、クロマツ、ケヤキ、ナシはいずれも下層より表層の方が高いのに対し、イネは、わずかであるが逆の傾向を示している。水素イオン濃度については、4植種とも平均値で5.5前後であり、いずれも表層が下層より、わずかに高い傾向にある。

植物採取地点の土壤中水溶性硫黄及び水素イオン濃度

対象植物名	調査地点数	水溶性硫黄含有量 (ppm)		水素イオン濃度	
		表層土 (深さ5cm)	下層土 (深さ30cm)	表層土 (深さ5cm)	下層土 (深さ30cm)
クロマツ	11 (うちアカマツ1)	0 ~ 26 (13.6)	0 ~ 54 (12.0)	5.0 ~ 7.1 (6.1)	4.6 ~ 8.0 (6.0)
ケヤキ	4	10 ~ 31 (17.0)	0 ~ 20 (12.0)	4.8 ~ 6.0 (5.6)	4.7 ~ 6.4 (5.5)
ナシ	3	14 ~ 61 (35.0)	18 ~ 24 (20.3)	4.8 ~ 7.0 (5.6)	4.6 ~ 5.6 (5.0)
イネ	8	0 ~ 150 (41.0)	0 ~ 128 (46.8)	5.3 ~ 6.5 (5.7)	4.6 ~ 6.4 (5.3)

(注) 表中の( )内は平均値を表わす。

## 8 騒音・振動

騒音については52年度に引続き今年度も2市3町で一般地域27地点、道路に面する地域45地点、合わせて72地点で、春、秋の年2回環境騒音測定を実施し、環境基準との比較検討を行った。

振動については道路交通振動、工場振動の実態を把握するため県内7市で交通振動20地点、工場振動40地点で測定調査を実施したが、その結果は表-14、表-15のとおりである。

その他に苦情としてガス供給所の騒音、振動(低周波振動含む)の調査を行った。

表一 14 道路交通振動測定結果

市名	測定地点	路線名	測定年月日	敷地境界線からの距離	振動レベル (dB)													
					昼間						夜間							
					1	2	3	4	平均	1	2	3	4	平均				
秋田市	柳原新田	国道13号線	53. 5. 8	0 m	50	50	51	49	49	50	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下		
				10 m	49	49	50	47	49	"	"	"	"	"	"	"	"	
大館市	長倉町 10-3	国道7号線	53. 5. 11	0 m	50	49	48	45	48	45以下	"	"	"	"	"	"		
				10 m	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	"	"	"	"	"	"	"	"	
能代市	赤沼 31-13	"	53. 5. 15	0 m	52	50	52	49	51	45以下	"	"	"	"	"	"		
				10 m	47	48	49	48	48	"	"	"	"	"	"	"	"	
	後谷地 10-5	藤山バイパス	"	"	0 m	47	45以下	45以下	45以下	45以下	"	"	"	"	"	"	"	
					10 m	47	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
					0 m	55	56	57	55	56	50	47	47	47	46	48	48	
長崎 202の1	国道7号線	"	"	10 m	48	49	49	48	49	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下		
				0 m	54	56	53	53	54	47	53	"	"	47	48			
				10 m	51	52	51	49	51	46	49	"	"	45以下	46			
横手市	四日町 5-24	県道安田御所野線	53. 5. 18	0 m	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下			
				10 m	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
大曲市	丸の内 10-25	国道13号線	53. 5. 22	0 m	49	48	47	47	48	"	"	"	"	"	"			
				10 m	45以下	45以下	45以下	45以下	45以下	"	"	"	"	"	"	"		
本荘市	石脇字田頭 208-2	国道7号線	53. 5. 25	0 m	"	46	"	45	45	45	"	"	"	"	"			
				10 m	45	48	"	45以下	46	"	"	"	"	"	"	"		
男鹿市	船川港字前野60	県道秋田男鹿線	53. 6. 1	0 m	60	62	60	58	60	53	53	50	45	50				
				10 m	59	57	56	49	55	46	45	45	45	45	45			

(注) 測定値は80%レンジの上端値。

表-15 工場振動測定結果

市名	業種	特定施設名	公称能力	測定年月日
秋田 市	金属製品製造業	機械プレス	250 t	53. 5. 8
	印刷業	印刷機機	7.5 KW	〃
	木材製造業	チップパー	22 KW	53. 5. 9
	金属製品製造業	圧縮機	75 KW	〃
	金属製品製造業	せん断機	15 KW	〃
大館 市	金属製品製造業	液圧プレス	15 HP	53. 5. 11
	〃	鍛造機	5 HP	〃
	〃	〃	1 HP	〃
能代 市	窯業	コンクリート ブロックマシン	11.4 KW	53. 5. 16
	木材製造業	チップパー	25 HP	〃
	自動車整備業	コンプレッサー	22 KW	〃
	鋳物製造業	鋳造型機	1 HP	〃
男鹿市	板金業	せん断機	2.2 KW	53. 6. 1
本庄 市	金属製品製造業	機械プレス	120 t	53. 5. 25
	〃	せん断機	11 KW	〃
	金属加工業	せん断機	3.7 KW	〃
大曲 市	製材業	チップパー	11.3 KW	53. 5. 22
	印刷業	印刷機機	2.2 KW	〃
横手 市	紡織業	織機	0.5 HP	53. 5. 18
	プラスチック加工業	合成樹脂用 射出成形機	9 KW	〃

(注) 測定方法は特定工場等において発生する振動の基準(昭和51年環境庁告示第90号)に定め

工場の敷地面積 (m <sup>2</sup> )	施設からの距離	振動レベル(dB)	ピックアップの設置条件
31,000	10 m	72	コンクリート
	敷地境界線 (30 m)	55	〃
1,500	10 m	50	コンクリート
	敷地境界線 (10 m)	47	砂地
7,000	10 m	46	コンクリート
	敷地境界線 (33.5 m)	45	砂地
16,500	10 m	49	コンクリート
	敷地境界線 (27 m)	47	砂地
6,290	10 m	67	コンクリート
	敷地境界線 (20 m)	64	〃
7,900	10 m	47	地面
	敷地境界線 (5 m)	68	砂地
300	10 m	54	コンクリート
	敷地境界線 (5 m)	73	地面
210	10 m	66	地面
	敷地境界線 (3 m)	73	〃
1,727	10 m	62	コンクリート
	敷地境界線 (14.5 m)	50	〃
4,000	10 m	52	地面
	敷地境界線 (30 m)	45以下	コンクリート
4,300	10 m	62	砂地
	敷地境界線 (14.5 m)	55	〃
3,500	10 m	51	砂地
	敷地境界線 (6 m)	60	〃
1,000	10 m	51	コンクリート
	敷地境界線 (4 m)	57	砂地
4,950	10 m	52	コンクリート
	敷地境界線 (29 m)	45以下	〃
4,950	10 m	68	コンクリート
	敷地境界線 (34 m)	57	〃
1,390	10 m	56	コンクリート
	敷地境界線 (17 m)	60	砂地
6,170	10 m	49	コンクリート
	敷地境界線 (5.5 m)	59	〃
360	10 m	45以下	砂地
	敷地境界線 (1 m)	51	コンクリート
660	2 m	62	コンクリート
	建物から 1 m	57	砂地
320	10 m	45	コンクリート
	敷地境界線 (3 m)	50	砂地

るところによる。

## 9 悪 臭

53年度は4市1町の12工場事業所について測定した。サンプリングは工場・事業所の敷地境界線上で、臭の最も強く感じられる地点または風下側で行うことを原則とした。風向については16方位コンパス、風速については可搬型簡易風速計を用いて測定した。悪臭物質は環境庁告示47にもとづいて実施した。

測定結果は表-16に示すとおりである。

表-16

(単位：ppm)

工場・事業場名称	気 温 (℃)	WD・WV (m/s)	アンモニア	トリメチル ア ミン	硫化水素	硫化メチル	メチルメル カ プタン
秋田市北部し尿処理場	23	S, 2~3	0.61	—	0.0021	0.0012	0.0019
日本海飼料(株)	25	S, 2~3	—	0.0008	0.0017	0.0006	0.0014
東北製紙(株)秋田工場	25	C	—	—	0.0007	0.0021	0.0002
大曲清掃事業組合	27	S, 4~5	0.26	—	0.0011	0.0200	0.0034
秋田市御所野処理場	32	S, 2~3	0.09	—	0.0005	N D	0.0002
浅内養鶏場	28	NNW, 2~3	0.41	0.0024	0.0004	0.0008	0.0005
渡部養豚場	28	NE, 5~6	0.35	0.0010	0.0008	N D	0.0010
大高銘木	29	ENE, 2~3	—	N D	N D	N D	0.0002
能代市中央衛生処理場	25	SE, 2~3	0.49	—	0.0006	0.0004	0.0007
八竜町南部清掃工場	23	E, 2~3	0.29	—	0.0009	N D	0.0008
本荘市清掃センター	26	S, 2~3	0.29	—	0.0012	N D	0.0018
十条製紙(株)秋田工場	26	SW, 3~4	—	—	0.0003	N D	0.0002

## 水 質 科

### 1 水質環境調査

#### (1) 十和田湖水質環境調査

昭和53年7月、9月に11地点(十和田湖9地点、十和田湖に流入する河川2地点)について調査を実施した。検体数及び項目数は38検体、357項目であった。その中で9月5日東湖中央(-5m)のCODのみが環境基準をこえ他は生活項目、健康項目全て環境基準を満足している。

#### (2) 田沢湖水質環境調査

昭和53年5月～11月(毎月1回)に4地点について調査を実施した。検体数及び項目数は28検体、149項目であった。田沢湖は酸性河川である玉川の流入によりpHは年間を通じ4.6前後である。又5月26日瀉尻、6月28日相内瀉のCODが環境基準をこえているが他は環境基準を満足している。

#### (3) 八郎瀉水質環境調査

昭和53年5月～12月、昭和54年3月(各月1回)6地点について調査を実施した。検体数及び項目数は54検体、393項目であった。夏季にアオコの発生がありpHは一部の地点で環境基準を満足しておらず、DOについても1～3地点で環境基準を下まわっている。SSについては大部分の地点で環境基準を上まわっており、またCODにおいても全地点で環境基準をこえている。

### 2 工場・事業場排水調査

水質汚濁防止法に基づく特定施設、秋田県公害防止条例に基づく指定汚水排出施設について、一般項目を除く健康項目及び特殊項目を調査した。検体数及び項目数は456検体、2497項目であった。その結果、11検体が排水基準をこえ、9工場・事業場に対して公害課及び各保健所環境公害係が施設の改善、管理の強化を指導した。

### 3 小阿仁川水質環境調査

小阿仁川環境改善対策委員会での水質環境調査の一環として昭和53年7月～12月に6地点について調査を実施した。河川の水質は環境基準値を保っている。また7月と11月には萩形ダムより小阿仁川へ放流した時の水質調査を実施した。流量が増加した時は水質が更に良くなっている。なお検体数及び項目数は49検体、245項目であった。

#### 4 渇水時河川水質調査

昭和53年7月、8月に渇水情報の発令に基づき県内主要河川21地点について調査を実施した。検体数及び項目数は21検体、80項目であった。雄物川水系及び米代川水系とも環境基準を満足しており、今回の調査では河川の浄化能力が大きいことがうかがえる。

#### 5 ダム水質調査

昭和53年10月に河川課の依頼により素波里ダム、森吉ダム、萩形ダム、鎧畑ダム、皆瀬ダム（各ダム4地点）の調査を実施した。検体数及び項目数は20検体、260項目であった。その結果、鎧畑ダムのpHが酸性河川である玉川の流入により3.8となっており、森吉ダム、萩形ダムのDOが環境基準を下まわり、またCODについては鎧畑ダム、皆瀬ダムの一部を除いてAA類型の環境基準を満足していない。

#### 6 秋田湾地区水系類型別現況水質調査

昭和53年4月～昭和54年3月（毎月1回）に27地点について調査を実施した。検体数及び項目数は322検体、3369項目であった。AA類型、C類型河川においてはほぼ環境基準を満足している。A類型、B類型河川においては一部でDOが環境基準以下であり都市部を流れるA類型河川猿田川（開橋）、B類型河川旭川（川口橋）、太平川（牛島橋）、草生津川（面影橋）でBODが環境基準を満足しておらず、A類型河川鶴川（鶴川橋）、馬踏川（馬踏橋）、比詰川（金川橋）においてもBODが環境基準をこえている。

#### 7 能代地域水質等環境調査

##### (1) 河川通日調査

昭和53年5月に米代川能代橋において、2時間間隔で調査を実施した。検体数及び項目数は13検体、104項目であった。なお検査項目全てにおいて環境基準を満足した。

##### (2) 都市下水路通日調査

昭和53年7月及び8月に能代市中島橋上流において2時間間隔で調査を実施した。検体数及び項目数は14検体、110項目であった。

#### 8 秋田湾地区水産物重金属調査

昭和53年9月～11月に魚介類について調査を実施した。検体数及び項目数は15検体、150項目であった。



## 9 特殊化学物質調査

昭和53年5月、6月、9月及び10月に玉川水系、桧木内水系及び熊沢川水系の河川等44地点について水銀、砒素、重金属の調査を実施した。検体数及び項目数は121検体、395項目で、現在とりまとめ中である。

## 10 その他

地熱開発利用センター排水調査、苦情処理等、22検体、196項目について調査した。

### 土質科

#### 1 土壌汚染対策調査

45年以降、土壌汚染防止法に基づき重金属汚染が推定される農用地の調査を実施している。

##### (1) 細密調査

53年度は15市町村46地区524検体の調査のうち増田町外4市町163検体の玄米Cd濃度を分析調査した。調査結果は1.0ppm以上30検体、0.4～1.0ppm 64検体、0.4未満69検体である。

##### (2) 汚染米調査

細密調査の結果玄米Cd濃度1.0ppm以上の検体を産出した調査区画の産米および土壌汚染対策指定地域のうち未だ対策事業を実施していない小坂、能代地域等の産米全量について食品衛生法に基づくロット法により試料抽出し、玄米のCd含有量を測定し、汚染米の判別を行った。その結果は1ppm以上28ロット、0.4～1.0ppm 46ロット0.4ppm未満39ロットで51年、52年度に比較し汚染米は増加している。(表-17)

表-17 53年度カドミウム含有米のロット調査結果

区分 市町村	ロット数	濃度別ロット数		
		1.0ppm以上	0.4～1.0ppm未満	0.4ppm未満
鹿角市	6	1	5	
小坂町	20		2	18
鷹巣町	1	1		
能代市	14		3	11
増田町	47	16	22	9
平鹿町	6	3	2	1
十文字町	19	7	12	
計7市町	113	28	46	39

## 2 休廃止鉱山対策調査

休廃止鉱山監視のため杉沢鉱山等42鉱山の水、ズリについて、114検体、662項目の分析を行った。

## 3 小坂川環境調査

前年に引き続き鉱山密集地を貫流する小坂川の環境調査を3回、24検体、288項目について実施した。調査結果は基準を満している。なお鉱山排水口下流の河床にみられる白色付着物について観察を続けている。(表-18)

表-18 小坂川水質調査結果(53.6.1)

(ppm)

項目 場所	PH	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	As
一の渡	7.1	22.9	44.4	16.3	3.33	0.055	0.012	0.014	0.041	0.001	nd
鉱山排水	7.5	38.2	1028	280.0	15.1	1.75	0.22	0.24	1.14	0.053	0.05
山崎橋	6.7	2.06	152	45.0	4.22	0.25	0.03	0.020	0.24	0.005	nd
太地橋	6.9	3.12	112	25.0	2.45	0.17	0.02	0.016	0.21	0.004	nd
御山橋	7.0	22.0	99	35.0	4.00	0.13	0.01	0.014	0.17	0.003	nd

## 4 酸性河川水調査

鳥海山を水源とする白雪川水系上流河川、子吉川水系上流河川の湧出水に由来する酸性水について、52年度に引き続き水質調査を行い、また両河川で実施した河川水の石灰中和実験の水質調査を実施した。調査は230検体1821項目である。(表-19)

表-19 源泉付近の水質

(ppm)

項目 場所	PH	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Fe	SO <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cl
鳥越川湧出水	4.99	nd	nd	0.04	nd	nd	nd	6.42	5.77	5.18
岩股川湧出水	4.85	nd	nd	0.05	0.001	nd	nd	6.50	9.63	6.31
朱ノ又川湧出水	2.11	0.002	0.02	0.76	0.003	nd	11.2	37.0	—	—

## 5 秋田湾地区農産物重金属含有量調査

秋田湾地区農産物重金属含有量のバックグラウンド値を得るため、男鹿市等4市町村の白米等19検体114項目の分析を行った。(表-20)

表-20 秋田湾地区主要農産物の重金属

種類・数	重金属	Cd	Pb	Cu	Zn	Fe	Mn
白米 n=6		0.02~0.10 (0.06)	0.07~0.10 (0.08)	2.50~5.44 (4.14)	15.4~18.7 (16.4)	6.2~10.2 (7.6)	8.3~14.8 (11.3)
ネギ n=5		<0.01~0.03 (0.02)	<0.05~0.05 (<0.05)	0.16~0.32 (0.22)	1.6~3.4 (2.6)	2.2~3.8 (2.8)	1.0~4.4 (2.4)
キャベツ n=5		<0.01 (<0.01)	<0.05~0.05 (<0.05)	0.11~0.21 (0.18)	0.7~2.1 (1.6)	1.3~2.7 (2.0)	0.8~13.4 (4.5)
日本梨 n=3		<0.01 (<0.01)	<0.05~0.06 (0.05)	0.34~0.45 (0.40)	0.4~1.2 (0.9)	1.4~6.8 (3.2)	0.7~11.1 (4.3)

単位 ppm: Wet weight ( )は平均値

## 6 その他

岩城町等の水、底質につき32検体、107項目の分析を行った。

### テレメーター係

#### 1 監視体制

常時監視網の整備状況は、表-21~23のとおり大気環境19局、自動車排出ガス7局、気象2局、水質3局、工場7局となっている。このうちテレメーター測定局は大気環境12局、自動車排出ガス3局、気象1局、水質2局、工場7局となっている。

表-21 大気測定局一覧表

区分	測定局名	測定項目											
		SO <sub>2</sub>	Dust	NO <sub>x</sub>	O <sub>x</sub>	CO	THC	NMHC	風	温度	温度差	湿度	定安度
テレメーター 大気	井川	○	○	○					○				
	昭和	○	○						○				
	船川	○	○	○					○				
	脇本	○	○	○					○				
	船越	○	○	○	○				○				
	天王	○	○	○					○				
	将軍野	○	○	○	○	○	○	○	○				
	八橋	○	○	○	○				○				
	中通	○	○	○	○				○				
	茨島	○	○						○				
	仁井田	○	○	○					○				
	能代	○	○	○					○				

区 分	測定局名	測 定 項 目												
		SO <sub>2</sub>	Dust	NO <sub>x</sub>	O <sub>x</sub>	CO	THC	NMHC	風	温度	温度差	湿度	安定度	
自 排 気象	土 崎			○		○								
	中 通			○		○								
	茨 島			○		○								
	飯 島								○	○	○			
モ ニ タ ー	大 気	大 館	○	○						○				
		桧 山	○	○	○					○				
		能代工業	○	○	○	○				○				
		浅 内	○	○	○					○				
		本 荘	○	○						○				
		大 曲	○	○						○				
		横 手	○	○						○				
自 排 気象	大 気	大 館			○		○							
		能 代			○		○							
		大 曲			○									
		横 手					○							
気象	寒 風 山								○	○		○	○	

表-22 水質測定局一覧表

区 分	測定局名	測 定 項 目						
		TW	PH	DO	Tr	S・S	K	ORP
テレメーター	秋 田 港	○	○	○	○	○		○
	雄 物 川	○	○	○	○	○	○	
モ ニ タ ー	米 代 川	○	○	○	○	○	○	

表-23 発生源測定局一覧表

区 分	測定局名	測 定 項 目					
		SO <sub>2</sub> -1	SO <sub>2</sub> -2	SO <sub>2</sub> -3	Ts	PH	COD
テレメーター	日 鉱 船 川	○	○			○	
	秋 田 火 力	○	○	○			
	秋 田 製 錬	○	○			○	
	東 北 製 紙	○	○	○	○	○	○
	東 北 肥 料	○				○	
	三 菱 秋 田					○	
	十 條 秋 田	○	○	○		○	○

53年度は、モニター局のうち能代地域に桧山、能代工業、浅内の3局を新設、また測定機の増設はNO<sub>x</sub>計を船川、八橋、能代局に、O<sub>x</sub>計を八橋局に、自動車排ガス能代局にCO計を設置し大気汚染の監視体制を充実させている。

なお、秋田市内については、市のテレメーター測定局9局とデーター交換を行い、監視を強めている。

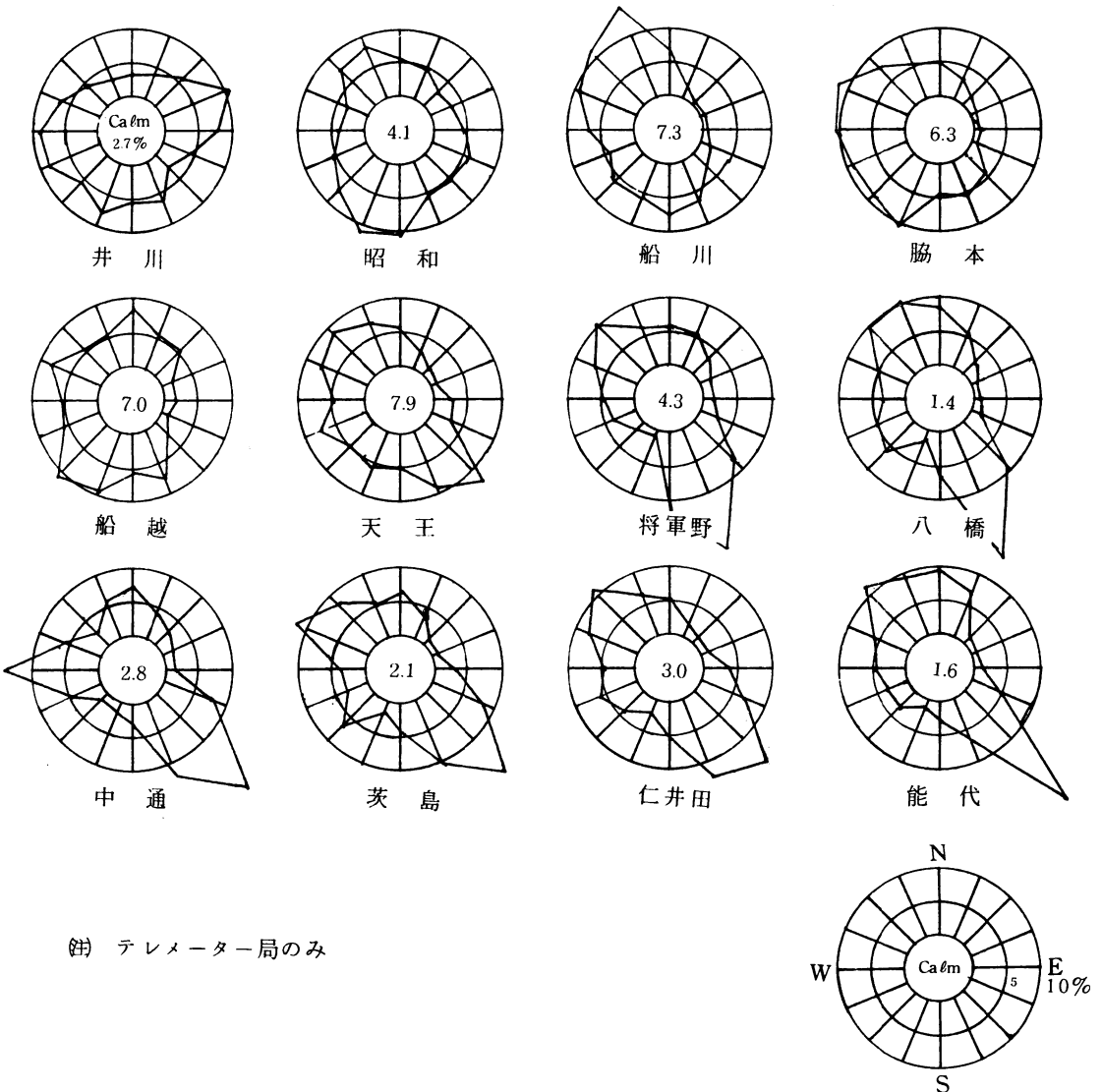
## 2 測定結果の概要

### (1) 大気環境

#### ア 気象

図-4のとおり、年間を通じての風向は井川局を除いた全測定局がE~NNE風の頻度が少ない傾向を示している。また、秋田市内の将軍野、八橋、中通、茨島、仁井田局、能代市内の能代局でSE風が卓越している。

図-4 風配図



風速は表-24のとおり季節風の強まる春、冬が夏、秋に比べ強い傾向である。

表-24 四季別平均風速

単位：m/S

測定局	春	夏	秋	冬	年間
	(3~5月)	(6~8)	(9~11)	(12~2)	(1~12)
井川	3.1	2.1	2.3	3.3	2.7
昭和	3.9	2.9	2.8	3.9	3.4
船川	1.7	1.3	1.4	1.9	1.6
脇本	2.4	1.6	2.0	2.9	2.2
船越	2.6	2.0	1.7	2.6	2.2
天王	2.4	1.7	1.6	2.3	2.0
将軍野	2.3	1.8	1.8	2.6	2.1
八橋	3.8	2.6	3.2	4.6	3.7
中通	2.0	1.7	1.6	2.0	1.8
茨島	3.7	2.8	3.3	4.4	3.5
仁井田	3.3	1.9	2.3	3.7	2.8
能代	2.9	2.2	2.9	4.2	3.1

(注) 1時間値 9.9 m/s 以上の風速は 9.9 m/s として計算した。

表-25 二酸化硫黄年間値

測定局	用途地域	有効測定日数	測定時間	年平均値	1時間値が0.1ppmを超えた時間	日平均値が0.04ppmを超えた日	1時間値の最高値	日平均値の2%除外値	測定機種
		(日)	(時間)	(ppm)	(時間)	(日)	(ppm)	(ppm)	
井川	未	278	6826	0.013	0	0	0.04	0.025	従来型
昭和	住	321	7944	0.011	0	0	0.09	0.029	〃
船川	住	361	8655	0.008	0	0	0.05	0.013	〃
脇本	未	337	8346	0.003	0	0	0.05	0.007	高感度型
船越	住	359	8628	0.010	0	0	0.03	0.016	従来型
天王	未	348	8504	0.013	0	0	0.06	0.021	〃
将軍野	住	327	8013	0.014	0	0	0.08	0.022	〃
八橋	工専	335	8197	0.016	0	0	0.07	0.028	高感度型
中通	商	355	8595	0.007	0	0	0.08	0.017	〃
茨島	商	353	8492	0.013	0	0	0.10	0.025	〃
仁井田	住	347	8461	0.007	0	0	0.08	0.016	〃
大館	住	242	5967	0.016	0	0	0.04	0.026	従来型
能代	住	347	8407	0.011	0	0	0.05	0.026	高感度型
能代工業	住	337	8137	0.003	0	0	0.02	0.008	〃
浅内	住	313	7680	0.005	0	0	0.04	0.014	〃
桧山	未	354	8523	0.003	0	0	0.04	0.006	〃
本荘	商	260	6386	0.013	0	0	0.03	0.019	従来型
大曲	住	320	7997	0.014	0	0	0.05	0.023	〃
横手	商	221	5399	0.009	0	0	0.04	0.015	〃

イ 二酸化硫黄

(7) 年間値と経年変化

表-25のとおり環境基準の短期、長期的評価では全測定局適合となっている。また、表-26のとおり52、53年度の経年変化では増加は0局、横ばい15局、減少1局(中通)となっている。中通局の減少については測定機を高感度型に変更したことが挙げられる。

表-26 二酸化硫黄経年変化

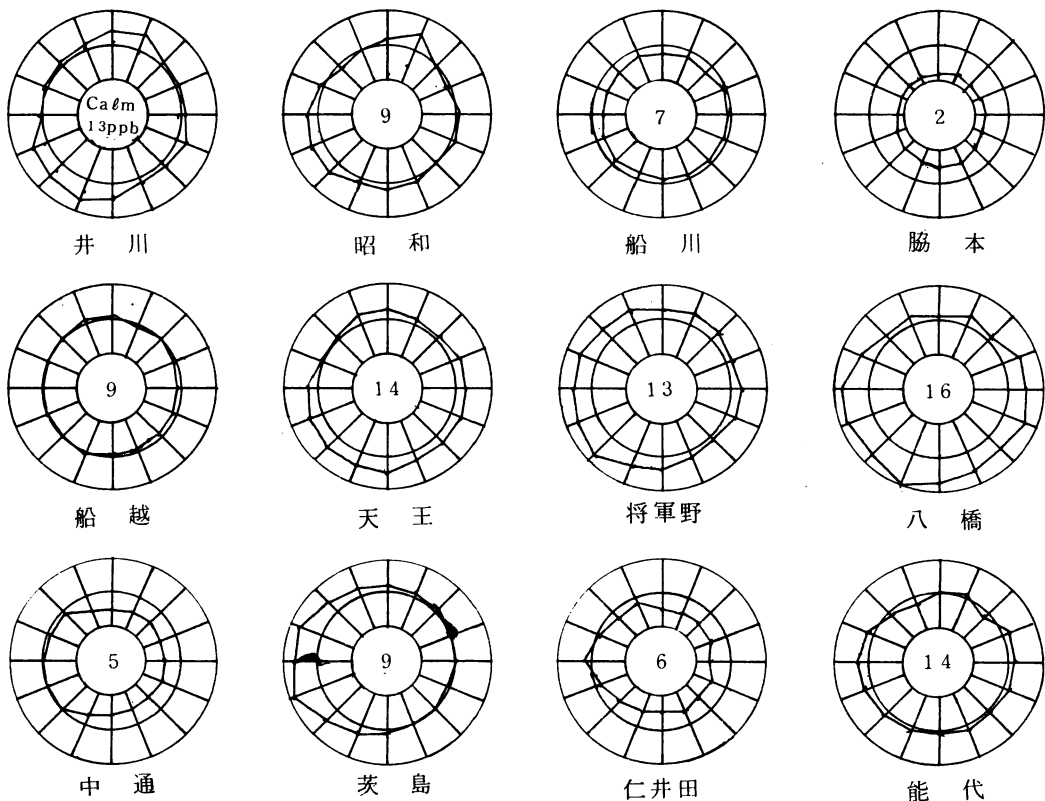
測定局	用途地域	年 平 均 値 (ppm)				
		49年度	50年度	51年度	52年度	53年度
井川	未	0.013	0.014	0.012	0.013	0.013
昭和	住	0.010	(0.008)	0.012	0.012	0.011
船川	住	0.007	0.007	0.007	0.009	0.008
脇本	未				(0.002)	0.003
船越	住	0.011	0.008	0.009	0.009	0.010
天王	未	0.008	0.008	0.010	0.012	0.013
将軍野	住	0.009	0.010	0.009	0.010	0.014
八橋	工専	0.016	0.014	0.014	0.019	0.016
中通	商	0.016	0.019	0.022	0.019	0.007
茨島	商	0.018	0.014	0.016	0.016	0.013
仁井田	住	0.008	0.011	0.011	0.011	0.007
大館	住	0.014	0.016	0.016	0.014	(0.016)
能代	住	(0.016)	(0.016)	0.019	0.012	0.011
能代工業	住					0.003
浅内	住					0.005
桧山	未					0.003
本荘	商		0.009	0.011	0.010	0.013
大曲	住	(0.018)	(0.013)	0.016	(0.012)	0.014
横手	商	0.010	0.009	(0.011)	(0.009)	(0.009)

(注) 測定時間が6000時間に達しない年平均値は( )とした。

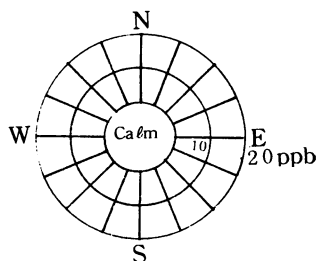
(イ) 風向別濃度分布

図-5のとおり、全局とも卓越した傾向はないが、中通、茨島局についてはNW~SW風、仁井田局はNNW~WSW風の時に高くなる傾向を示している。

図-5 年間風向別SO<sub>2</sub>濃度分布



(註) テレメーター局のみ



(ウ) 時刻別平均濃度

図-6のとおり大部分の局が7時頃から濃度が上昇し15時頃に最高測定値となりその後は下降している。特に茨島局は工場地帯に隣接していることもありこれらの傾向が顕著にあらわれている。

(エ) 月平均濃度

図-7のとおり7、8月の夏場に大部分の局が月平均値の最高を記録している。またビル、住宅密集地では冬季に高くなる傾向がみられ、特に秋田市の中心部に位置する中通局ではビル暖房の影響によりこれらが顕著である。



図-6 年間SO<sub>2</sub>時刻別平均濃度

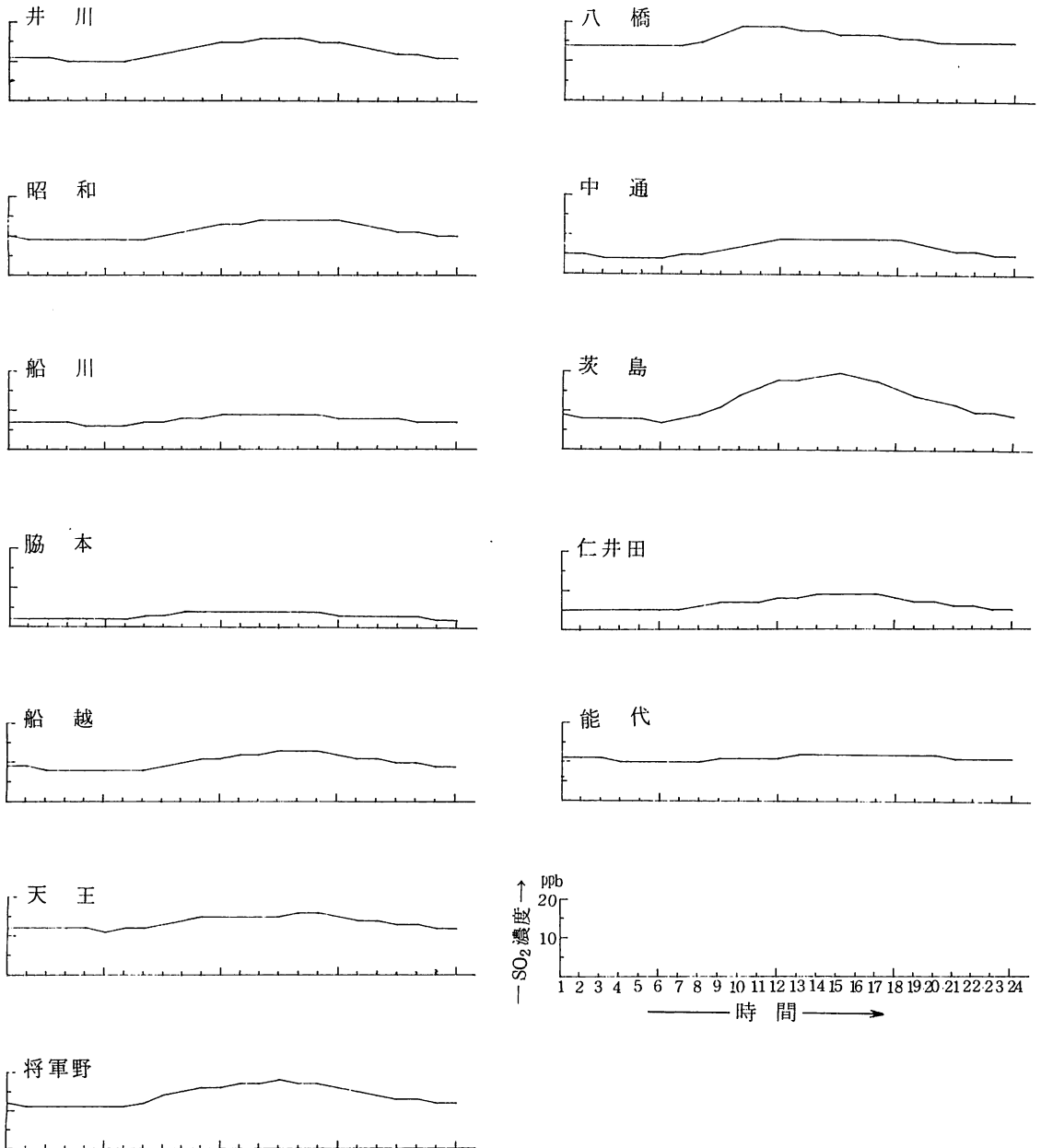
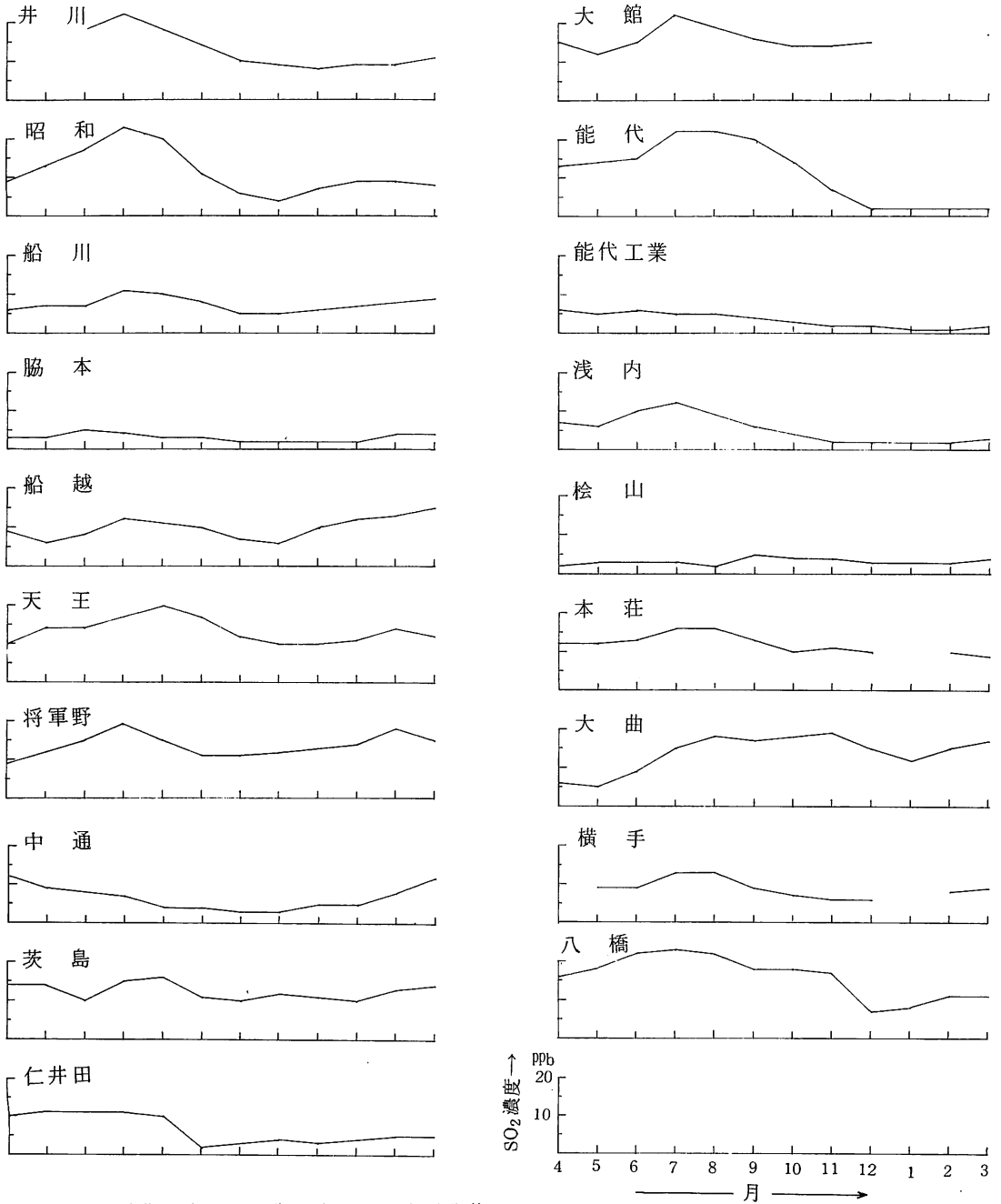


図-7 SO<sub>2</sub> 月平均濃度推移



ウ 一酸化窒素、二酸化窒素及び窒素酸化物

(ア) 年間値と経年変化

環境基準の達成状況は表-27のとおり全局適合しており、また、表-28のとおり52、53年度の経年変化では増加は0局、横ばい6局、減少1局となっている。

表-27 一酸化窒素、二酸化窒素及び窒素酸化物・年間値

測定局	用途地域	一酸化窒素				二酸化窒素				窒素酸化物				NO <sub>2</sub> NO + NO <sub>2</sub>					
		有効測定日数 (日)	測定時間 (時間)	年平均値 (ppm)	1時間間の最高値 (ppm)	日平均値の98%値 (ppm)	有効測定日数 (日)	測定時間 (時間)	年平均値 (ppm)	1時間間の最高値 (ppm)	日平均値が0.04~0.06ppmを超えた日 (日)	日平均値が0.04~0.06ppmの日 (日)	年平均値の98%値 (ppm)	有効測定日数 (日)	測定時間 (時間)	年平均値 (ppm)	1時間間の最高値 (ppm)	日平均値の98%値 (ppm)	(%)
井川	未	311	7573	0.004	0.11	0.012	311	7573	0.010	0.08	0	0	0.023	311	7573	0.015	0.18	0.033	69.8
船川	住	199	5293	0.004	0.29	0.014	199	5293	0.005	0.03	0	0	0.010	199	5293	0.009	0.31	0.023	53.3
脇本	未	223	6244	0.004	0.11	0.017	223	6244	0.006	0.06	0	0	0.014	223	6244	0.010	0.14	0.030	60.3
船越	住	294	7486	0.004	0.19	0.019	294	7486	0.005	0.04	0	0	0.013	294	7486	0.009	0.22	0.031	54.9
天王	未	307	7925	0.004	0.09	0.008	307	7925	0.004	0.04	0	0	0.009	307	7925	0.009	0.09	0.016	50.1
将軍野	住	274	6950	0.004	0.11	0.012	274	6950	0.009	0.06	0	0	0.019	274	6950	0.012	0.15	0.029	70.3
八橋工専		23	575	0.025	0.14	0.067	23	575	0.014	0.04	0	0	0.022	23	575	0.039	0.18	0.088	35.9
中通商		313	7808	0.010	0.20	0.025	313	7808	0.019	0.07	0	0	0.032	313	7808	0.029	0.24	0.050	66.6
仁井田住		288	7271	0.007	0.15	0.021	288	7271	0.009	0.07	0	0	0.018	288	7271	0.016	0.18	0.036	57.0
能代住		261	6579	0.003	0.07	0.013	261	6579	0.006	0.04	0	0	0.013	261	6579	0.010	0.10	0.026	65.4
能代工業	住	263	6523	0.003	0.10	0.009	263	6523	0.006	0.05	0	0	0.014	263	6523	0.009	0.14	0.019	71.1
浅内住		248	6491	0.002	0.07	0.007	248	6491	0.005	0.04	0	0	0.010	248	6491	0.007	0.11	0.015	70.7
松山	未	249	6296	0.002	0.03	0.004	249	6296	0.003	0.02	0	0	0.005	249	6296	0.005	0.04	0.008	64.3

(註) ギャップマン係数は0.84、酸化率は70%

表-28 二酸化窒素経年変化

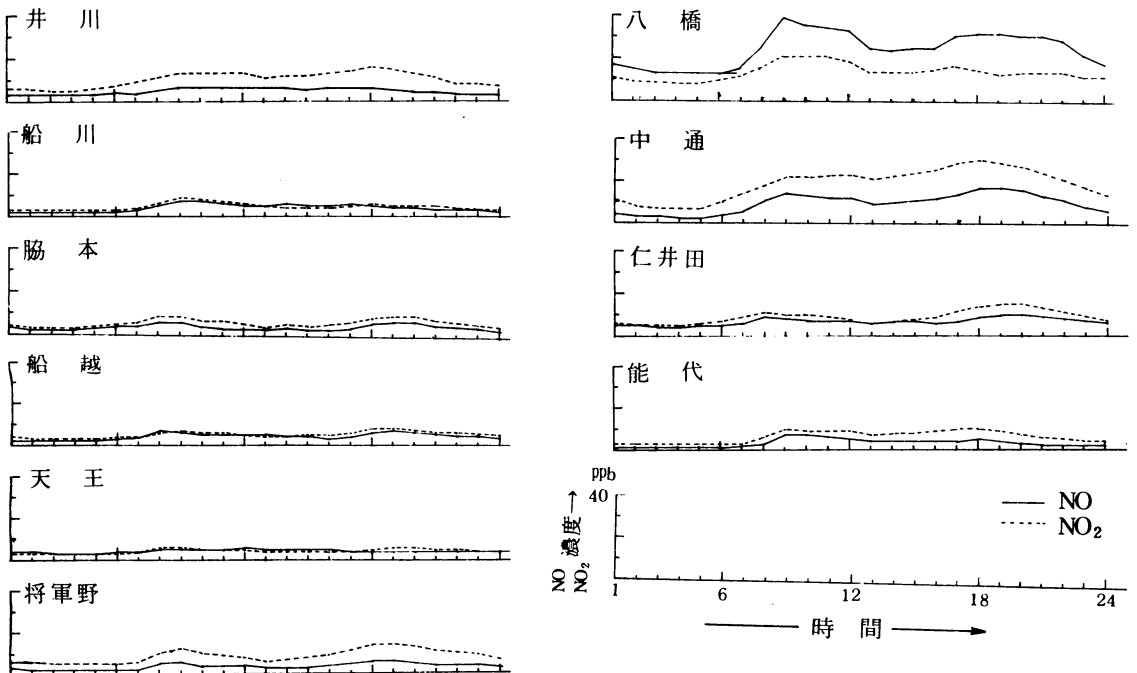
測定局	用途地域	年平均値 (ppm)				
		49年度	50年度	51年度	52年度	53年度
井川	未				(0.008)	0.010
船川	住					(0.005)
脇本	未				(0.006)	0.006
船越	住			(0.005)	0.006	0.005
天王	未		(0.003)	0.003	0.003	0.004
将軍野	住				(0.005)	0.009
八橋	工専					(0.014)
中通	商		0.016	0.015	0.022	0.019
仁井田	住		(0.008)	0.014	0.014	0.009
能代	住					0.006
能代工業	住					0.006
浅内	住					0.005
松山	未					0.003

- (註) 1) ザルツマン係数 0.84 として算出  
 2) 測定時間が 6,000 時間に達しない年平均値は ( ) とした。

(イ) 時刻別平均濃度

図-8 のとおり一酸化窒素、二酸化窒素とも全局 8~9 時、18~19 時頃に高い濃度を示している。特に道路に近い八橋局、秋田市の中心部に位置する中通局では自動車排気ガスの影響もあり、これらが顕著である。

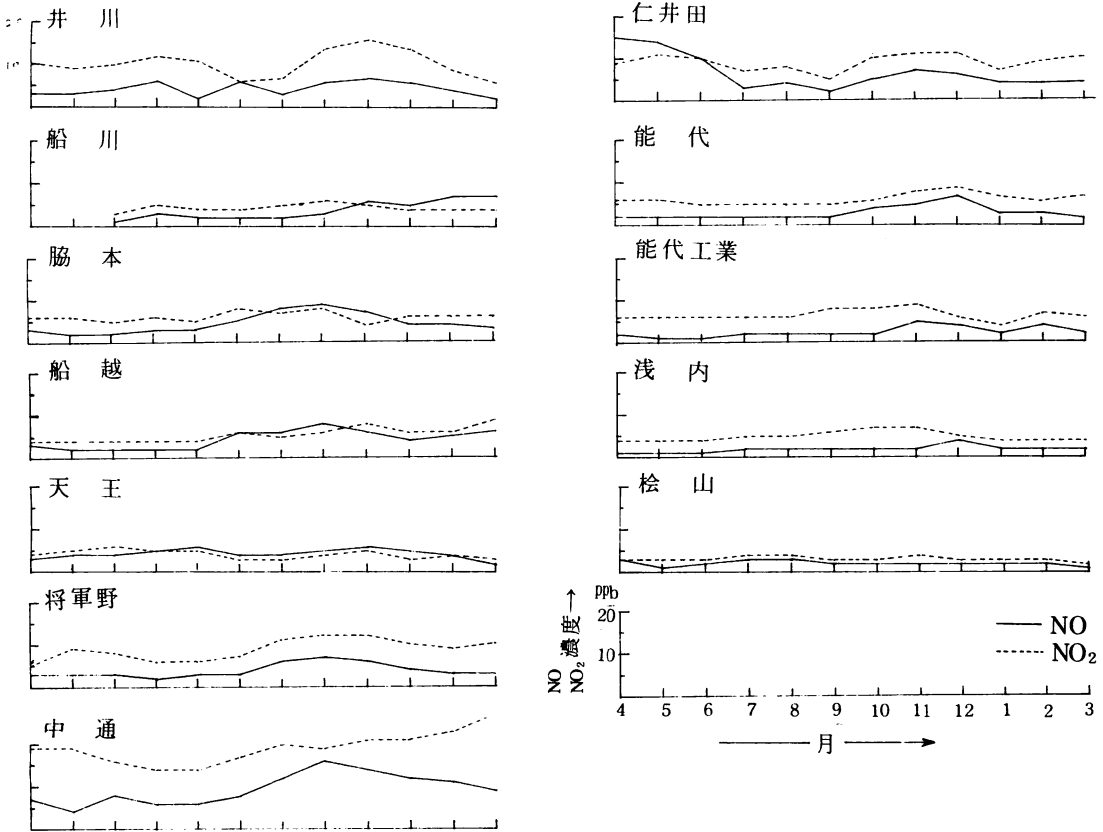
図-8 年間NO、NO<sub>2</sub>時刻別平均濃度



(ウ) 月平均濃度

図-9 のとおり大部分の測定局が住宅地、または田園地帯に設置されていることから年間を通じて低濃度である。

図-9 NO、NO<sub>2</sub> 月平均濃度推移



エ 一酸化炭素

住宅地に設置されていることもあり、表-28のとおり基準を上回ることなく、また、52年度の平均は0.5ppm、53年度も0.4ppmと低濃度で推移している。

表-28 一酸化炭素年間値

測定局	用途地域	有効測定日数	測定時間	年平均値	8時間値が20ppmを超えた回数	日平均値が10ppmを超えた日数	日平均値の2%除外値	1時間値の最高値
		(日)	(時間)	(ppm)	(回)	(日)	(ppm)	(ppm)
將軍野	住	286	6879	0.4	0	0	0.7	7

オ オキシダント

表-29のとおり昼間の1時間値が0.06ppmを越えた局は船越、将軍野、中通の3局である。  
また、表-30のとおり経年変化では測定開始以来1時間値が0.12ppmを越えたことはない。

表-29 オキシダント年間値

測定局	用途地域	昼間測定日数	昼間測定時間	昼間の1時間値が0.06ppmを超えた日数と時間数		昼間の1時間値が0.12ppm以上の日数と時間数		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)	(日)	(時間)	(日)	(時間)	(ppm)	(ppm)
船越	住	303	4250	5	19	0	0	0.08	0.029
将軍野	住	318	4495	6	19	0	0	0.09	0.027
八橋	工専	122	1739	0	0	0	0	0.05	0.020
中通	商	305	4176	2	8	0	0	0.07	0.026
能代工業	住	200	2809	0	0	0	0	0.06	0.039

表-31 非メタン炭化水素年間値

測定局	用途地域	測定時間	年平均値	6～9時測定日数	6～9時3時間平均	
		(時間)	(ppmC)		(日)	年平均値
				(ppmC)		(ppmC)
将軍野	住	4277	0.21	186	0.22	0.44

表-32 メタン及び全炭化水素年間値

測定局	用途地域	メ タ ン					
		測定時間	年平均値	6～9時測定日数	6～9時3時間平均値		
					年平均値	最高値	最低値
		(時間)	(ppmC)	(日)	(ppmC)	(ppmC)	(ppmC)
将軍野	住	4277	1.63	186	1.61	1.77	1.57

カ 非メタン炭化水素、メタン、全炭化水素

今年度5月から測定を開始したが表-31、32のとおり測定時間、日数とも少なく今後の測定を持ちたい。

表-30 オキシダント経年変化

測定局	用途地域	昼間の1時間値が0.12 ppm以上の日数(日)				
		49年度	50年度	51年度	52年度	53年度
船越	住			0	0	0
將軍野	住				0	0
八橋	工専					0
中通	商		0	0	0	0
能代工業	住					0

均値 最低値 (ppmc)	6～9時3時間平均値が0.20 ppmcを超えた日数とその割合 (日) (%)		6～9時3時間平均値が0.31 ppmcを超えた日数とその割合 (日) (%)		測定方法 直接・差量 直接法
	0.12	103	55.4	21	

全炭化水素						測定又は 換算方式
測定時間 (時間)	年平均値 (ppmc)	6～9時測定日数 (日)	6～9時3時間平均値			
			年平均値 (ppmc)	最高値 (ppmc)	最低値 (ppmc)	
4277	1.85	186	1.85	2.16	1.67	直接法

キ 浮遊ふんじん

(ア) 年間値

表-33のとおり、各測定局とも1時間の最高値、日平均値の2%除外値が高いことについては毎年10月～11月にかけて稲わらの焼却時に発生する稲わらスモッグによって生じたものである。

表-33 浮遊ふんじん年間値

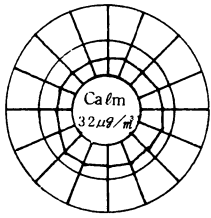
測定局	用途地域	有効測定日数	測定時間	年平均値	1時間の最高値	日平均値の2%除外値
		(日)	(時間)	( $mg/m^3$ )	( $mg/m^3$ )	( $mg/m^3$ )
井川	未	271	6714	0.028	0.85	0.080
昭和	住	337	8200	0.035	1.55	0.081
船川	住	354	8502	0.033	0.32	0.056
脇本	未	363	8702	0.023	1.81	0.053
船越	住	343	8290	0.042	1.06	0.074
天王	未	339	8313	0.024	1.18	0.079
将軍野	住	354	8577	0.038	1.78	0.070
八橋	工専	363	8717	0.028	1.08	0.052
中通	商	352	8498	0.034	0.51	0.064
茨島	商	362	8689	0.037	0.40	0.062
仁井田	住	335	8202	0.030	0.83	0.071
大館	住	275	6588	0.050	0.63	0.106
能代	住	343	8303	0.029	1.12	0.080
能代工業	住	346	8342	0.030	1.67	0.068
浅内	住	341	8239	0.032	1.39	0.095
桧山	未	359	8583	0.031	1.93	0.095
本荘	商	258	6313	0.029	0.17	0.054
大曲	住	335	8275	0.013	0.12	0.035
横手	商	193	4715	0.061	0.38	0.090

(イ) 風向別濃度分布

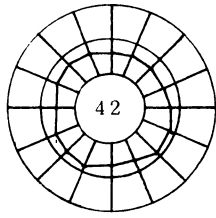
図-10のとおり、全測定局とも風向による特異な性質は示していない。



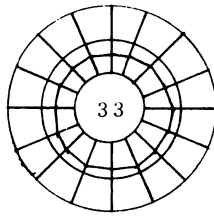
図-10 年間風向別Dust 濃度



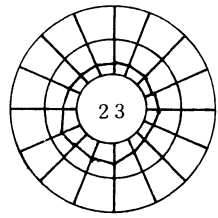
井川



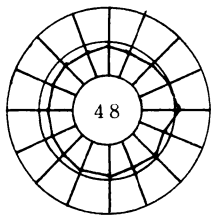
昭和



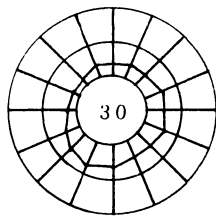
船川



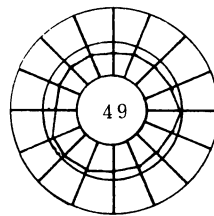
脇本



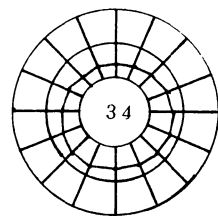
船越



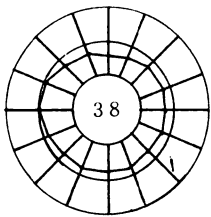
天王



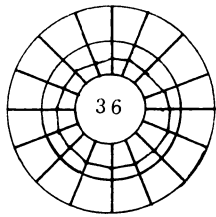
将軍野



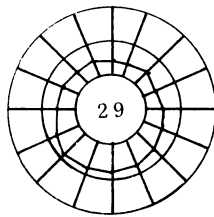
中通



茨島

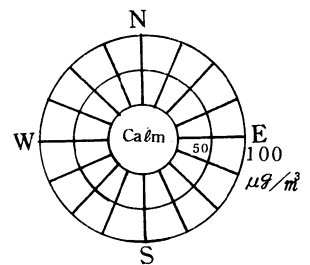


仁井田



能代

(註) テレメーター局のみ



(ウ) 月別平均濃度

図-11のとおり、秋に高い傾向となっているのは、毎年10月～11月にかけて稲わら焼却時に発生する稲わらスモッグによるものである。

图-11 Dust 月平均濃度推移

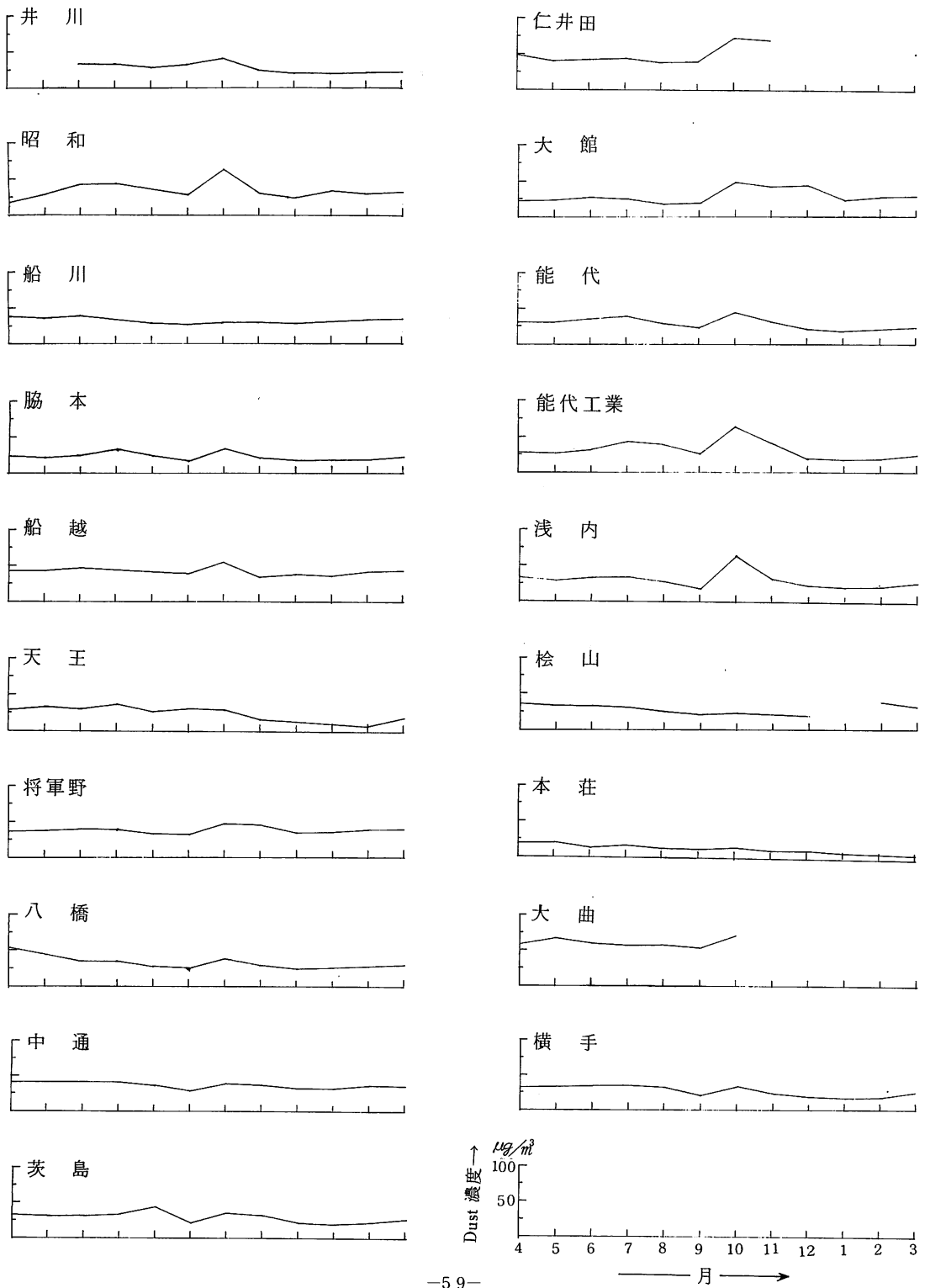


表-34 一酸化窒素、二酸化窒素及び窒素酸化物年間値

測定局	一酸化窒素				二酸化窒素				窒素酸化物									
	有効測定日数(日)	測定時間(時間)	年平均値(ppm)	1時間値の最高値(ppm)	日平均値の年間98%値(ppm)	有効測定日数(日)	測定時間(時間)	年平均値(ppm)	1時間値の最高値(ppm)	日平均値が0.04~0.06ppmの日(日)	日平均値の年間98%値(ppm)	有効測定日数(日)	測定時間(時間)	年平均値(ppm)	1時間値の最高値(ppm)	日平均値の年間98%値(ppm)	NO <sub>2</sub> NO + NO <sub>2</sub> (%)	
土崎	307	7535	0.078	0.52	0.156	307	7535	0.025	0.14	0	4	0.039	307	7535	0.102	0.55	0.181	2.42
中通	352	8497	0.065	0.51	0.113	352	8497	0.028	0.17	0	10	0.042	352	8497	0.094	0.55	0.148	3.04
茨島	301	7327	0.042	0.36	0.112	301	7327	0.029	0.14	1	24	0.045	301	7327	0.070	0.43	0.150	4.06
大館	271	6741	0.040	0.21	0.078	271	6741	0.039	0.21	49	54	0.085	271	6741	0.078	0.37	0.153	4.92
能代	256	6436	0.041	0.27	0.084	256	6436	0.015	0.07	0	0	0.030	256	6436	0.057	0.32	0.104	2.70
大曲	197	5172	0.037	0.24	0.084	197	5172	0.017	0.10	0	0	0.030	197	5172	0.055	0.29	0.114	3.19

註) ザルツマン係数は0.84、酸化率70%

表-35 二酸化窒素経年変化

測定局	用途地域	年平均値 (ppm)				
		49年度	50年度	51年度	52年度	53年度
土崎	商	0.020		0.023	0.026	0.025
中通	商	0.025	0.020	0.024	0.024	0.028
茨島	商	0.024	0.017	0.021	0.028	0.029
大館	商	0.028	0.022	(0.020)	0.029	0.039
能代	商	(0.012)	(0.013)	0.011	(0.010)	0.015
大曲	住	(0.013)	0.013	0.009	(0.009)	(0.017)

註) 1) ザルツマン係数は0.84として算出

2) 測定時間が6000時間に達しない年平均値は( )とした。

(2) 自動車排出ガス

ア 一酸化窒素、二酸化窒素及び窒素酸化物

表-34のとおり、各局とも自動車排出ガスの直接的影響から二酸化窒素の日平均値 0.04～0.06ppm を記録しているのは土崎、中通、茨島、大館局となっている。また、日平均値 0.06ppm 以上を記録しているのは茨島、大館局である。また表-35のとおり52、53年度の経年変化では増加1局、横ばい3局、減少0局である。

イ 一酸化炭素

表-36のとおり、8時間値、日平均値とも基準を上回っているところはない。また、表-37のとおり52、53年度の経年変化では増加0局、横ばい2局、減少1局となっている。

表-36 一酸化炭素年間値

測定局	用途地域	有効測定数	測定時間	年平均値	8時間値が20ppmを超えた回数	日平均値が10ppmを超えた日数	日平均値の2%除外値	1時間値の最高値
		(日)	(時間)	(ppm)	(回)	(日)	(ppm)	(ppm)
土崎	商	327	8140	1.8	0	0	4.5	15
中通	商	321	7847	2.0	0	0	3.8	17
茨島	商	273	6723	2.3	0	0	4.6	14
大館	商	117	4622	2.1	0	0	7.6	12
能代	商	166	4113	1.2	0	0	3.1	10
横手	商	257	6379	1.2	0	0	2.7	6

表-37 一酸化炭素経年変化

測定局	用途地域	年平均値 (ppm)				
		49年度	50年度	51年度	52年度	53年度
土崎	商	2.3	2.2	1.9	1.6	1.8
中通	商	3.1	2.7	3.4	2.7	2.0
茨島	商	2.2	2.1	2.4	2.3	2.3
大館	商	2.4	(2.6)	3.1	3.3	(2.1)
能代	商					(1.2)
横手	商	0.8	0.9	(1.3)	(0.8)	1.2

註) 測定時間が6000時間に達しない年平均値は( )とした。

## 7 学 会 等

### 1) 学会および研究会等における発表

月 日	演 題	氏 名	学 会 名	場 所
3. 7	紫外部吸収によるPCN、PCB同定の一知見	北 嶋 哲 彦	秋田化学技術協会	秋田市
5. 25	ばいじんの粒度分布について	富 樫 浩 二	第4回全国公害協議会 東北北海道支部研究発表会	仙台市
〃	カドミウム汚染米の利用について	武 藤 公 二	同 上	〃
〃	大気汚染常時監視システムに関する諸問題	國 部 十 二 郎	同 上	〃
7. 21	微量カドミウム摂取の生体に及ぼす影響に関する実験的研究(4)生体におけるカドミウムの収支について	三 浦 平 則 (共同)	日本産業衛生学会、東北地方会集談会	弘前市
9. 6	浮遊粒子状物質の粒径分布による四季特性	小 玉 幹 生	第19回大気汚染学会	札幌市
10. 19	紫外部吸収によるPCN、PCB同定の一知見	北 嶋 哲 彦	全国環境衛生大会	秋田市
11. 30	浮遊粒子状物質の解析について	富 樫 浩 二	第5回環境保全、公害防止研究会	東 京
〃	子吉川及び白雪川の中和実験について	武 藤 公 二	同 上	〃

### 2) 研 修

月 日	研 修 名	氏 名	研 修 場 所
6. 20～29	騒音振動防止	真 壁 江 田 男	公害研修所
7. 3～22	水質・土壌専門	鈴 木 憲	〃
8. 25～ 9. 13	水質専門	加 藤 潤	〃
11. 8～28	大気専門	井 島 辰 也	〃
2. 27～ 3. 8	大気専門	小 玉 幹 生	〃

## 8 報 文

### 緑藻類による窒素およびリンの除去の研究

盛岡文雄 松本秀三※

#### 1 緒 言

近年、湖沼や内湾性海域などで、水の華とか赤潮の発生が見られ、時として養殖魚介類に斃死事故を起こしたり、天然の魚類の斃死、忌避現象を見ることが多くなって来ている。

この主な原因として、窒素、リンの水中濃度の増加が考えられ、一般有害物質と別にこれら栄養塩による汚濁が指定されてきた。これは一般に富栄養化と呼ばれており、そのメカニズムについては種々の論議がかかわれているが、要するにその最大の因子が窒素及びリンであることは疑いの余地がない。

水質には自然の浄化作用があり、これに預る要素として微生物が重要な役割を果たしている。赤潮、水の華などは水中プランクトンの異常に強く発生したものであって、これば自然浄化の一つの形態でもありとも考えられる。

窒素、リンの除去処理は、公共水域の富栄養化を防止するために行われるものであって、物理的、化学的に種々の処理方法が考案されているが、窒素、リン除去の方法としては、運転の経費の面で問題があり、これまで見るべきものがないようである。

ここで生物学的処理法が注目される場所である。これまで行われてきた活性汚泥法、嫌気性消化法、散水沓過法など有機物の除去を目的とする手法も、窒素、リンの一部除去にはいるが、それを目的とする場合には甚だ不十分である。

本研究は、天然水域で、浄化作用をになっている藻類に着目して、人口的に水の華、アオコを発生させるような形態を取り、増殖した藻類に摂取させることによって、窒素、リンの除去を行おうとするもので、通常アオコと言われているものは *Microcystes* 類の濃厚に発生したものを指しているが、ここでは、藻体の除去を容易にするために緑藻類、特に *Selenastrum westii* や *Scenedesmus* 類 (*Scenedesmus quadricornis* など) を用いることにした。これらはミジンコ (ここでは、*Moina macrocopa*) に摂食させることによって、水中から除去するのに好都合であるからである。

本研究の特徴は排水中に藻類を増殖して、水中の栄養塩を摂取させ、この緑藻を除去することによって排水中の栄養塩の大部分を取り去るもので、この緑藻の除去を容易にするために、動物プランクトンであるミジンコを用い、これに緑藻を摂食させることによって目的を達成しようとするところにある。緑藻はリンの形態の如何にかかわらず、これを摂取するので、この方法はリ

---

※ 財団法人秋田県分析化学センター

ンの除去法として、特に有利であり、低コストで処理される利点もある。

## 2 緑藻の分離

この研究に当たって、緑藻の特性、特にその窒素、リンの摂取機構等基本的な問題を解明するために緑藻の純粋分離を行った。分離したものは *Scenedesmus* 属中の *Scenedesmus quadricornis* である。

分離は寒天培地を用い、これを直径90mmのシャーレで平板培養を行った上、コロニー中から分離、これを2度繰り返すことによって完全に分離した。

培養条件を下に列記する。

- (1) 培地 次章に求める2液を混合したものの1,000倍希釈液に寒天2%を加熱溶解し、高圧滅菌(121°C、20min)後、放冷したもの。
- (2) 接種 金魚鉢中に予め培養してある緑藻を白金線で寒天培地に画線接種した。
- (3) 光照射 ビタルックス20W蛍光灯2本から約20cm離し、約3,000Lxで照射した。
- (4) 分離 1週間後及び2週間後にコロニーから白金線を用いて分離、次の培養基に移し、そのまま培養保存した。

## 3 栄養物質

下のA、B2液を源液として調製し、これをそれぞれ希釈後混合し、更に必要に応じて希釈して使用する。

A液 1ℓ当り配合量

尿 素	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	65g
硝酸カルシウム	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	130g
塩化マグネシウム	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	340g
リン酸二水素カ	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	33g
硝 酸	$\text{HNO}_3(61\%)$	4ml
水 道 水	(全量が1ℓになるように加える。)	

B液 2ℓ当り配合量

硫酸ナトリウム	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	190g
炭酸水素ナトリウム	$\text{NaHCO}_3$	2g

両液をA液1ℓB液2ℓの割合で混合するが、この混液3ℓ中には大略、

N 46g、 P 7.5g、 Mg 41g、 Ca 22g、 K 9.5g、 Na 62g

のような割合で含有される。

通常両液をそれぞれ10倍位に希釈して混合し、更に必要に応じて適宜の濃度（原液から200～1,000倍など）に希釈し、寒天を添加溶解するなどしたのちオートクレーブで滅菌して培養基とした。

炭素の給源としては炭酸水素ナトリウムがあるが、これは不十分で、大気中からの供給を待つほか、通気培養では送気中に炭酸ガスボンベからCO<sub>2</sub>ガスを混合して補給した。

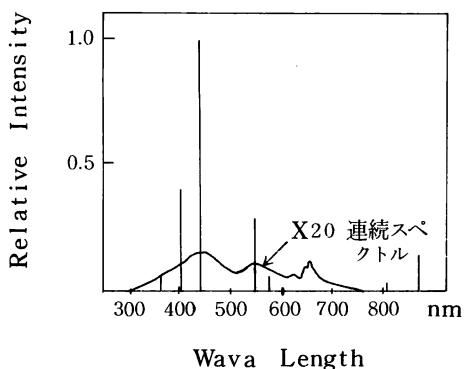
#### 4 光 源

光源として用いた植物用蛍光管（三菱ビタルックス、又はナショナルホルモックス）は20Wのもので、2本あわせて約150cd、照度は20cmの位置で約2,600Lxになる。ランプは436nmの波長が最も強く、いくつかの線スペクトルと若干の連続スペクトルを放射する。これらの様子を下表及び図4に掲げた。この測定は、島津製作所の自動分光光度計AA-610型を用いて行った。この装置は炎分光光度計として使用出来るように作られているので、光源の光をアトマイザーの部分に導いて測定することが出来るのである。

表 4

波 長	相 対 強 度	波 長	相 対 強 度
365	0.052	546	0.286
565.5	0.014	576.5	0.047
404.5	0.406	578.5	0.041
407.5	0.023	809	0.020
436	1.000	871	0.136

図 4 植物用蛍光灯の波長スペクトル





## 5 Scenedesmus quadrispina の色素の吸収波長

一般に植物の吸収スペクトル (absorption spectrum) は、作用スペクトル (action spectrum — 波長と光化学的効果の関係を示すグラフ) と類似している。従って吸収スペクトルを測定することによって、この植物が生理的に必要とする光の特性がわかるわけで、これを次のようにして測定した。

この測定には植物のアセトンによる抽出液を用いた。即ち、Scenedesmus を含む培養液の一定量をミリポアフィルター (孔径  $1 \mu$ 、外径  $42 \text{ mm}$ ) で濾過し、濾過残渣をフィルターと共に乾燥して、超音波のもとでアセトンに溶解させ、遠心分離後に自記分光光度計 (日立323型) を用いて吸光スペクトルを描いた。

クロロフィルの吸光波長は a ;  $662, 430 \text{ nm}$ 、b ;  $644, 455 \text{ nm}$ 、c ;  $628, 447 \text{ nm}$ 、 $\alpha$  ;  $688, 447 \text{ nm}$  に極大値をもつが溶媒によってピークの位置がずれる。緑藻類に含まれる色素は次のようなものがある。

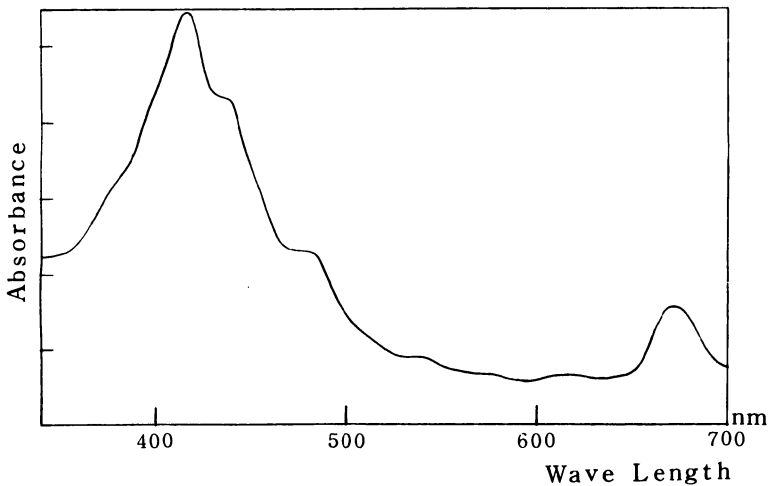
Chlorophyll a、Chlorophyll b、(以上Chlorophyll 類)

$\alpha$ -Carotene、 $\beta$ -Carotene (以上Carotene 類)

Lutein、Zeaxanthin、Violaxanthin、Neoxanthin、(以上Xanthine 類)

図5の吸収スペクトルは極大値が  $436 \text{ nm}$ 、 $660 \text{ nm}$  付近にあるが、これは主としてChlorophyll a と、b との吸収であって他の色素類もこれに関与しているものと思われる。なおこの分析法では枯死した藻体などから、Chlorophyll の分解 (Mg の脱失) した Phaeophythin a、b も多少は含まれているであろう。

図5 Scenedesmus quadrispina の色素の吸収スペクトル (溶媒; アセトン)



## 6 Scenedesmus quadricornis の増殖

藻類の繁殖によって水中の栄養塩を除去する機構を考えると、その除去の機能は藻類の繁殖過程に依存するはずで、増殖の経過を知ることが重要である。

一般に藻類の生育曲線は次の図のような形をとる。

図 6 - a 有機炭素源を用い暗所で培養した生育曲線

図 6 - b CO<sub>2</sub> を炭素源とし光照射の下で培養した生育曲線

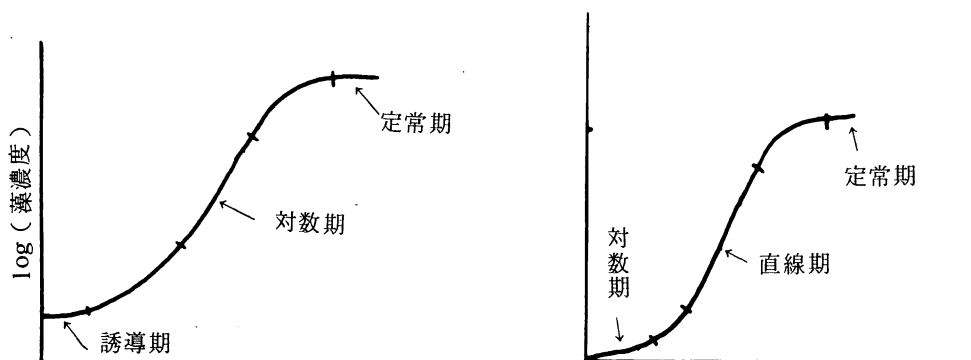


図 6 - a は有機炭素源を用いて暗所で培養した場合、図 6 - b は CO<sub>2</sub> を炭素源として光を照射した場合を示す。

生育期間の中で、対数期について考えると、

$$\log_e (N/N_0) = kt \dots\dots\dots (6.1)$$

ここに N ; 時間 t 経過後の藻濃度

N<sub>0</sub> ; 初期の藻濃度

k ; 定数

t ; 時間

なる関係がある。これを微分すれば、

$$\frac{dN}{dt} = kN \dots\dots\dots (6.2)$$

となり、藻類の増殖速度はその濃度に比例する。普通、

$$k_g = k \log_{10} e = 0.4343 k \dots\dots\dots (6.3)$$

とおいた場合の k<sub>g</sub> を生育速度定数といい、これを用いて生育速度の比較を行う。この生育速度定数 k<sub>g</sub> は、温度、光の強さ、栄養条件などによって変わる。

定常期に達した時の藻体量を、水質の AGP (Algal Growth Potential) と言って、その水の生産量をあらわす指標とする。富栄養化の度合いを表わすにもこの指標がよく用いられる。以下これらの定数、指標を用いて、Scenedesmus quadricornis の増殖について検

討する。

6-1 藻濃度の測定

藻体量の測定法は種々あるが、ここでは血球計算盤 (hemacytometer) を用いて細胞数を数える方法と積分球濁度計を用いて濁度を求める方法とで培養液の藻体濃度を測定した。細胞数の計数は10回以上の繰返しで平均値を求めたが、その95%信頼区間は±10%以内である。

6-2 生育曲線について

前記の培養液を用いるに当たって、始め、微量成分は水道水中の存在量で充分ではないかと考え、栄養塩のみで出発したが、途中微量成分を添加すると藻類の繁殖が著しく増大することを見たので、微量成分添加についても検討した。

6-2-1 微量成分を添加しない場合

藻濃度を縦軸にして生育をプロットしてみると、対数をとってもとらなくとも似たような曲線となるが、その場合も細胞数の増加率が、濁度の増加率を上回っている。

表 6-2-1 細胞数と濁度との比較

時間 (hr)	細胞数		濁度	
	普通目盛	対数目盛	普通目盛	対数目盛
30	0.023	0.020	0.020	0.016
40	0.022	0.020	0.013	0.016
50	0.014	0.020	0.010	0.016
60	0.011	0.010	0.008	0.006
70	0.006	0.003	0	0

$k_g$  の値 1/hr  
 明度 約 2,600 Lx

表 6-2-1 は式 ( 6.3 ) から求めた  $k_g$  の値である。

藻類のこのような生育過程を考えると、直線期では、

$$\frac{dN}{dt} = \text{const} \text{ であるから}$$

$$k_g = \frac{\text{const}}{N} \dots\dots\dots ( 6.4 )$$

となり、即数期では

$$\frac{d \log e N}{dt} = \text{const} \text{ であるから}$$

$$k_g = \text{const} \dots\dots\dots ( 6.5 )$$

である。濁度から求めた  $k_g$  と、細胞数から求めた  $k_g$  では値が異なるが、両者は近い値となるので、濁度から求めてもおおよその目安とはなる。式 ( 6.2 ) で

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = k N \dots\dots\dots ( 6.6 )$$

と考えれば、i 番目の測定時では

$$k_g = \frac{1}{t_{i+1} - t_i} \log_{10} \frac{N_{i+1}}{N_i} \dots\dots\dots (6.7)$$

として  $k_g$  を求めることが出来るが、傾きから求めたものに比べてばらつきが大きい。

6-2-2 微量成分を添加した場合

微量成分を添加しないときは十分に増殖しないうちに定常期に達してしまう事が次の実験で明らかになった。

すなわち、6-2-1で行った微量成分添加なしで定常期に達した液に、別に配合した微量成分の溶液を追加注入したものである。微量成分を追加すると、少時、誘導期があってその後対数的に増殖し、直線期を経て定常期に達する。この定常期の細胞数は、4,200万個/mlで、濁度はカオリン換算 3,900ppm、固型物量 1,550mg/l となる。

この際添加した微量成分溶液は次の組成のもので、

微量成分の配合表 (水溶液 1 l 当り)			
品 目	分量	摘 量	
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.0 g		
Mn Cl <sub>2</sub>	2.5 "		
Co Cl <sub>2</sub>	0.1 "		
Zn (Metal)	2 "	HCl に溶解	
Cu Cl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.14 "		
Na <sub>2</sub> Mo O <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.7 "		
Fe Cl <sub>3</sub>	1.0 "		
HCl (12N)	1.0 ml	Zn を溶解する際に加える。	

この液の微量要素の分析値は次表のようであった。

微量要素液の主な組成表			
成分	濃度 mg/l	成分	濃度 mg/l
Zn	1.63 × 10 <sup>3</sup>	Mo	7.42
Mn	1.01 × 10 <sup>4</sup>	Fe	2.81 × 10 <sup>3</sup>
Co	25.6		
Cu	49.6		

この原液を培養液の 1/10,000 となるように培養液中に添加したものである。

表6-2-2 Scenedesmus quadrispina の増殖

hr	個体数 万個/ml	濁度(カオリン) ppm	個体数 数/濁度	hr	個体数 万個/ml	濁度(カオリン) ppm	個体数 数/濁度
21.5	15.88±5.21 (10.67~21.09)	18.0	0.882 ±0.287	307 (161)	1,712±198 (1,514~1,710)	1,417	1.208 ±0.140
26	17.7±5.6 (12.1~23.2)	21.0	0.843 ±0.267	314 (168)	1,739±105 (1,604~1,844)	1,527	1.137 ±0.069
43	48.3±11.6 (36.7~59.9)	42.8	1.129 ±0.271	331 (185)	1,977±141 (1,836~2,118)	1,804	1.096 ±0.078
50	60.0±9.7 (50.3~69.7)	48.4	1.240 ±0.200	338 (192)	2,022±253 (1,769~2,276)	1,760	1.147 ±0.144
67	100.7±20.2 (80.5~120.9)	67.3	1.496 ±0.300	355 (209)	2,511±222 (2,270~2,733)	1,940	1.294 ±0.1144
93	117.5±13.8 (103.7~131.3)	68.0	1.728 ±0.203	362 (216)	2,490±259 (2,231~2,748)	2,000	1.245 ±0.130
115	134±16 (118~150)	65.3	2.052 ±0.245	379 (233)	2,722±221 (2,502~2,943)	2,030	1.341 ±0.109
122	141±21 (120~162)	64.2	2.196 ±0.327	386 (240)	2,871±234 (2,637~3,106)	2,300	1.248 ±0.102
139	123±10.0 (113~133)	64.2	1.956 ±0.156	403 (257)	2,997±197 (2,800~3,194)	2,480	1.208 ±0.079
* 146 (0)	124±19 (104~143)	63.2	1.962 ±0.301	451 (305)	3,874±282 (3,592~4,157)	3,050	1.270 ±0.092
163 (17)	116±15 (100~131)	68.6	1.691 ±0.219	458 (312)	4,083±220 (3,643~4,523)	3,480	1.173 ±0.063
170 (24)	124±12 (112~135)	77.5	1.600 ±0.155	475 (329)	3,882±240 (3,642~4,122)	3,480	1.116 ±0.067
187 (41)	177±20 (157~197)	130.8	1.353 ±0.153	499 (353)	4,062±293 (3,770~4,355)	3,760	1.080 ±0.069
194 (48)	198±18 (180~216)	178	1.112 ±0.101	547 (401)	4,269±283 (3,986~4,552)	3,420	1.248 ±0.078
211 (65)	371±21 (351~392)	349	1.063 ±0.060	595 (449)	4,187±320 (3,867~4,507)	3,890	1.076 ±0.083
218 (72)	519±45 (474~564)	448	1.158 ±0.100	619 (473)	4,138±325 (3,813~4,467)	3,870	1.069 ±0.082
235 (89)	825±59 (765~884)	728	1.133 ±0.081	643 (497)	4,395±332 (4,064~4,726)	3,890	1.130 ±0.084
268 (122)	1,143±64 (1,078~1,207)	923	1.238 ±0.069	667 (521)	4,166±330 (3,837~4,496)	3,890	1.071 ±0.085
283 (137)	1,394±126 (1,267~1,520)	1,123	1.241 ±0.112	691 (545)	3,730±221 (3,590~3,750)	3,790	0.984 ±0.0583
290 (144)	1,458±172 (1,286~1,630)	1,168	1.248 ±0.147		4,072±365 (3,707~4,437)	3,790	1.074 ±0.096

※微量成分添加

### 6-2-3 生育速度定数及び生育速度の比較

表6-2-2は時間による細胞数、濁度及び細胞数/濁度を計算したもので、これを図にプロットしたものが図6-2-1、図6-2-2と後に掲げる図6-2-4である。

図6-2-1では縦軸に細胞数及び濁度、横軸に時間をとって、時間に対する藻体量の増加を示し、図6-2-2では縦軸を対数にして同様のものを表わした。これらの図で、微量元素添加前では誘導期が20時間くらい、対数期が25~50時間、その後の直線期が、50~70時間目に出現して70~80時間まで経過、定常時にはいつている。この過程で、濁度の増加が細胞数の増加に先行して進んでいることが見られる。この傾向は微量元素添加後にも引続いてみられた。この様子を示したのが図6-2-4で、以上の関係を見易くするように縦軸に細胞数/濁度をとったものである。

図6-2-1 *Scenedesmus quadricornis* の生育曲線(普通目盛)

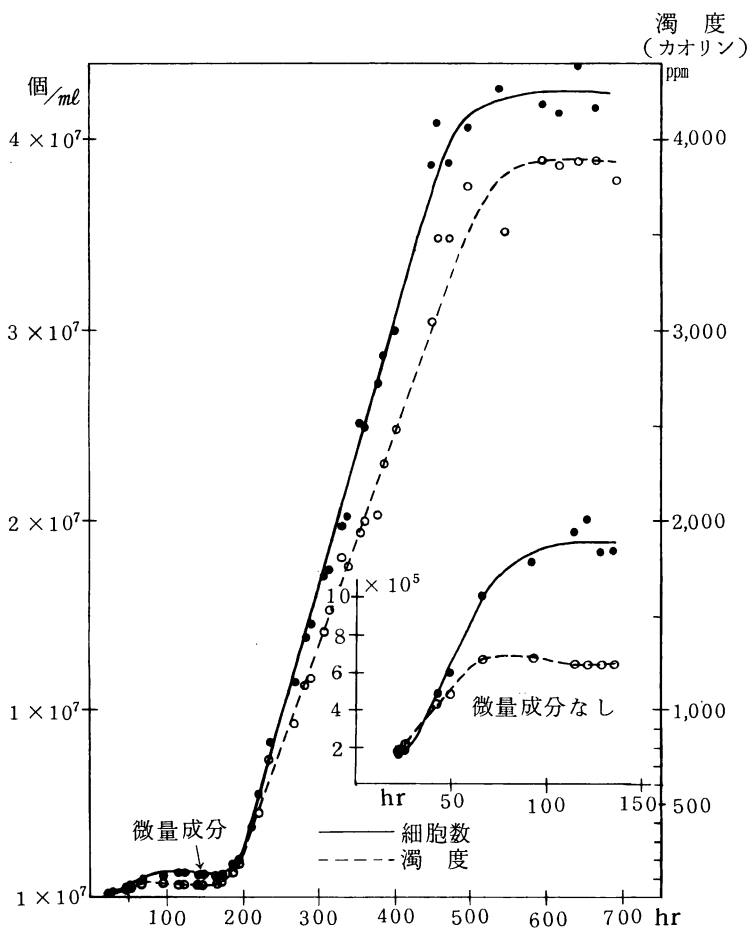
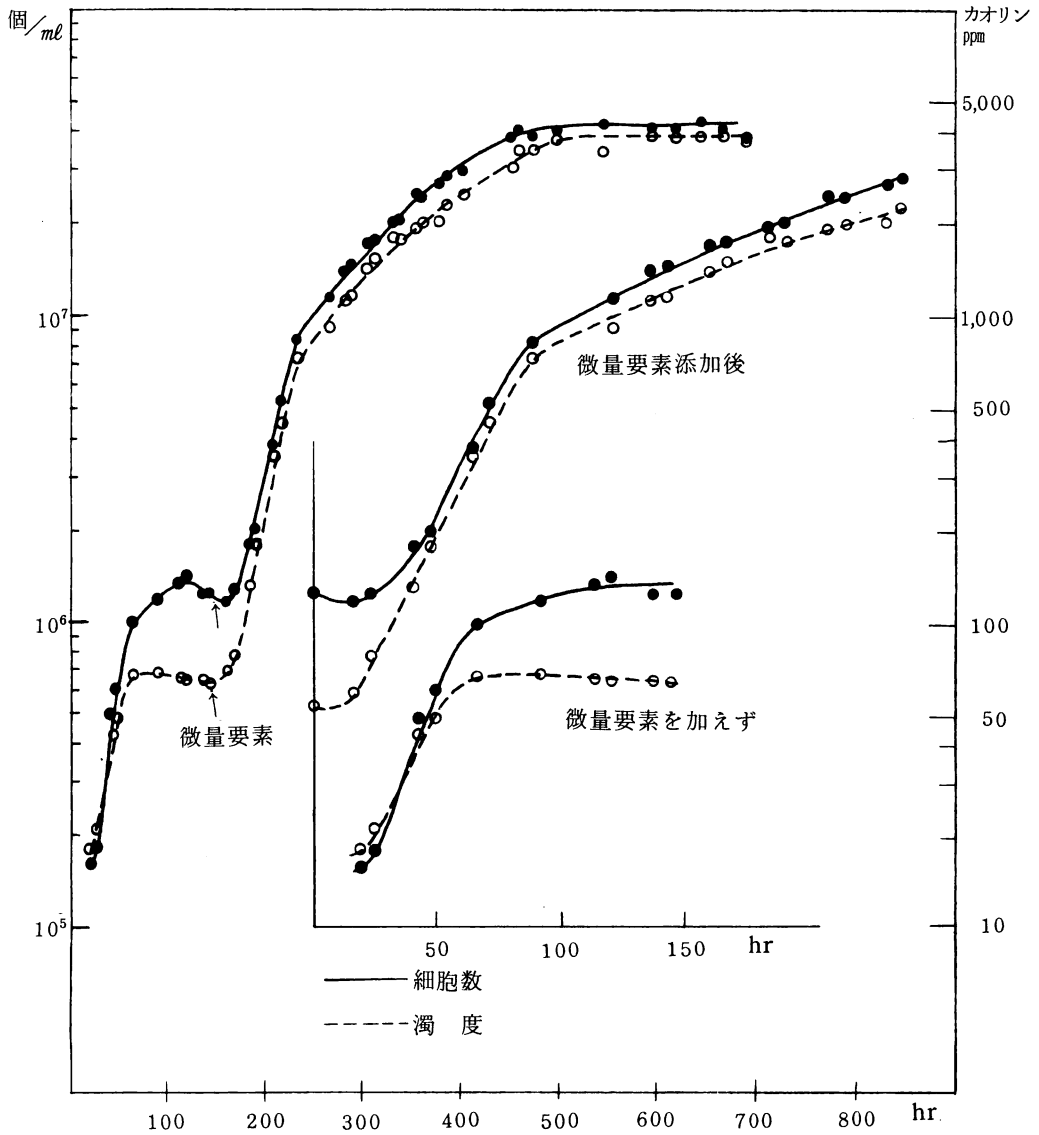


図 6-2-2 Scenedesmus quadricornis の生育曲線 (対数目盛)



濁度は粒子の数が等しくても、その大きさが異なれば違って来るもので、粒子が大きくなると当然濁度が大きくなるから、以上の濁度の増加の先行する現象は、細胞数の増加にともなって細胞の肥大がおこっていることを意味する。この傾向は150時間位まで続き、その後微量要素の添加によって細胞分裂が盛んになると細胞の大きくなる傾向はなくなり、定常期に達するまでは、濁度と細胞数の増加とは一定の比率で進行し、細胞の大きさがほぼ一定していることがうかがわれる。定常期にはいると図6-2-4の曲線の左端に見られるように

細胞数／濁度は再び小さくなり、細胞の肥大して来ることが知られる。

培養液を濾過して成分を定量した結果については後述するように、微量成分を添加せずに定常状態に達したものは、濾液中に多量の栄養素（N、P、K等）が残っており、微量元素を添加し、増殖が盛んになって定常状態に達したものではN、P、K等が極めて低い濃度になっている。

以上のことから、微量元素が少ない場合は、主要栄養素が残っているうちに微量元素を消費し尽くして細胞数が一定となり、この場合の細胞は細かい。これが微量元素を添加した場合は主要栄養素を消費してしまったために、定常期に達し、この場合の細胞は大きいのである。このような細胞の形状の大小の変化については、種々論じられていることであるが、本研究では単に、濁度による浮遊藻類の濃度の測定には、このような問題があることに触れるにとどめたい。

生育速度定数について

生育速度定数  $k_g$  は式(6・2)または式(6・7)で求められる。

表6-2-3 (6・7)式によって求めた  $k_g$

h r	個体数 $kg (\frac{1}{hr})$	濁度 $kg (\frac{1}{hr})$	h r	個体数 $kg (\frac{1}{hr})$	濁度 $kg (\frac{1}{hr})$
21.5	0.0105	0.0149	290(144)	0.00410	0.00494
26	0.0256	0.0182	307(161)	0.00097	0.00464
43	0.0135	0.0076	314(168)	0.00328	0.00426
50	0.0132	0.0084	331(185)	0.00140	-0.00153
67	0.00288	0.00017	338(192)	0.00553	0.00249
93	0.00259	-0.00080	355(209)	-0.00052	0.00189
115	0.00316	-0.00105	362(216)	0.00228	0.00038
122	-0.00349	0	379(233)	0.00331	0.00775
139	0.00050	-0.00097	386(240)	0.00110	0.00192
* 146( 0)	-0.00170	0.00209	403(257)	0.00232	0.00187
163( 17)	0.00414	0.00757	451(305)	0.00326	0.00818
170( 24)	0.00909	0.01337	458(312)	-0.00129	0
187( 41)	0.00696	0.0191	475(329)	0.00082	0.00140
194( 48)	0.0160	0.0172	499(353)	0.00045	-0.00086
211( 65)	0.0208	0.0155	547(401)	-0.00018	0.00117
218( 72)	0.0118	0.0124	595(449)	-0.00021	-0.00009
235( 89)	0.00429	0.00312	619(473)	0.00109	0.00009
268(122)	0.00575	0.00568	643(497)	-0.00097	0
283(137)	0.00278	0.00244	667(521)	-0.00200	0.00047

※ 微量成分添加

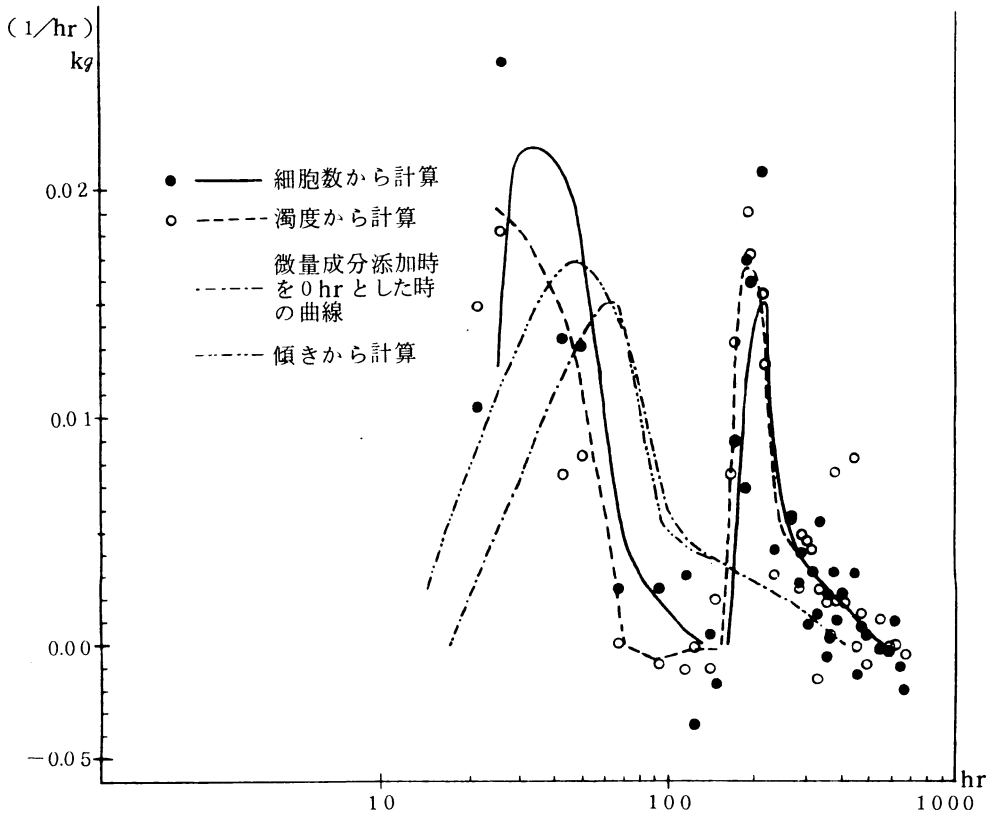


表 6-2-4 曲線の傾きから計算した  $kg$

h r	個体数 $kg$	濁度 $kg$	h r	個体数 $kg$	濁度 $kg$
25	0.0123	0.0190	190	0.0121	0.0167
30	0.0215	0.0181	200	0.0140	0.0164
40	0.0210	0.0143	210	0.0151	
50	0.0170	0.0121	220	0.0130	0.0129
60	0.0105	0.0063	240	0.0063	0.0055
70	0.0045	0	280	0.0041	0.0041
80	0.0032	-0.0002	320	0.0033	0.0032
90	0.0022	-0.0006	360	0.0027	0.0025
100	0.0015	-0.0006	400	0.0021	0.0021
120	0.0001	-0.0002	450	0.0016	0.0017
* 140	-0.0009	-0.0002	500	0.0003	0.0009
160	0	0.0037	550	0	0.0002
170	0.0042	0.0092	600	0	0
180	0.0096	0.0149			

※ 微量成分添加

図 6-2-3 生育速度常数 ( $kg$ ) と  $\log$  (時間) との関係



式(6・7)から求めた値が表6-2-3であり、曲線の傾きから求めた値が表6-2-4である。図6-2-3では  $k_g - \log(\text{時間})$  をプロットしているが、 $k_g$  が極大値を取るのが対数増殖期に当たる。 $k_g$  値も濁度から計算した数値が、細胞数の値から計算したものよりも先に変化していることが認められる。

生育速度について

生育速度  $dN/dt$  は次式に従うと考えられる。

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N_{i+1} - N_i}{t_{i+1} - t_i} \dots\dots\dots (6 \cdot 8)$$

$N_i$  : ある時  $t_i$  の藻類濃度

$N_{i+1}$  :  $t_i$  から一定時間を経過した時点

$t_{i+1}$  における藻類濃度

表6-2-5はこの式(6・8)から求めた数値であり、表6-2-6は図6-2-1、図6-2-2の曲線の傾きから求めた数値である。図6-2-5にはこれらの数値を速度- $\log(\text{時間})$  でプロットしている。図中●○は表6-2-5から、 $\cdots$ 、 $\sim$  は表6-2-6から求めたものである。直線期にはこの曲線が一定値を示し、対数期で急上昇、定常期にはいって急に降下する様子をこの曲線がよく示している。

表6-2-5 生育速度(6・8式で求めた計算値)

時間	細胞数 $10^4$ 個/ $ml \cdot hr$	濁度 ppm/hr	時間	細胞数 $10^4$ 個/ $ml \cdot hr$	濁度 ppm/hr
21.5	0.38	0.62	290	13.76	13.29
26	1.04	0.88	307	3.82	15.14
43	1.50	0.75	314	13.13	14.98
50	1.82	0.94	331	6.37	-6.36
67	0.26	0.03	338	11.16	10.09
93	0.30	-0.13	355	-3.01	8.44
115	0.42	-0.16	362	13.07	1.75
122	-1.13	0	379	20.75	36.23
139	0.14	-0.14	386	7.27	10.17
146	-0.49	-0.30	403	16.01	10.68
163	1.11	1.20	451	29.08	57.45
170	2.62	2.39	458	-12.13	0
187	2.84	5.75	475	7.33	11.22
194	7.30	7.05	499	4.21	-7.45
211	17.77	12.46	547	-1.77	9.21
218	14.10	12.79	595	-2.03	-0.81
235	8.15	5.23	619	10.39	0.80
268	15.13	11.97	643	-9.82	0
283	8.92	6.31	667	-19.19	-4.21

表 6 - 2 - 6 生育速度 ( 曲線の傾きから計算 )

時間	細胞数 $10^4$ 個/ml/hr	濁度 ppm/hr	時間	濁度 ppm/hr	濁度 ppm/hr
25	0.48	0.88	190	5.36	5.46
30	1.08	1.16	200	8.38	7.89
40	1.87	1.21	210	13.33	
50	2.35	1.43	220	15.66	13.08
60	2.08	0.40	240	12.42	9.18
70	1.08	0	280	12.71	10.46
80	0.83	-0.03	320	14.21	11.32
90	0.61	-0.09	360	15.48	11.50
100	0.43	-0.09	400	14.89	11.97
120	0.03	-0.03	450	13.86	11.92
140	-0.26	-0.03	500	2.88	7.53
160	0	0.54	550	0	1.77
170	1.20	1.62	600	0	0
180	3.23	3.45			

図 6 - 2 - 4 Scenedesmus quadrispina の生育過程における細胞数 - 濁度の相対関係の変化

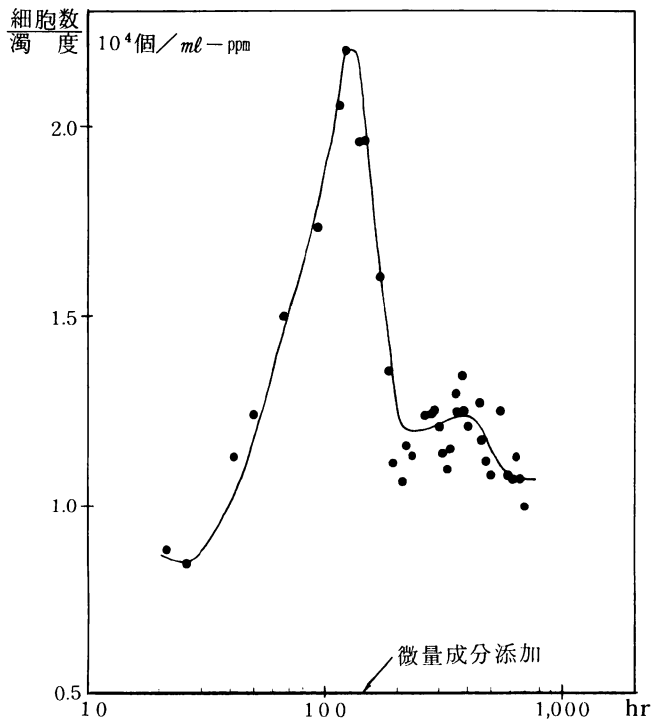
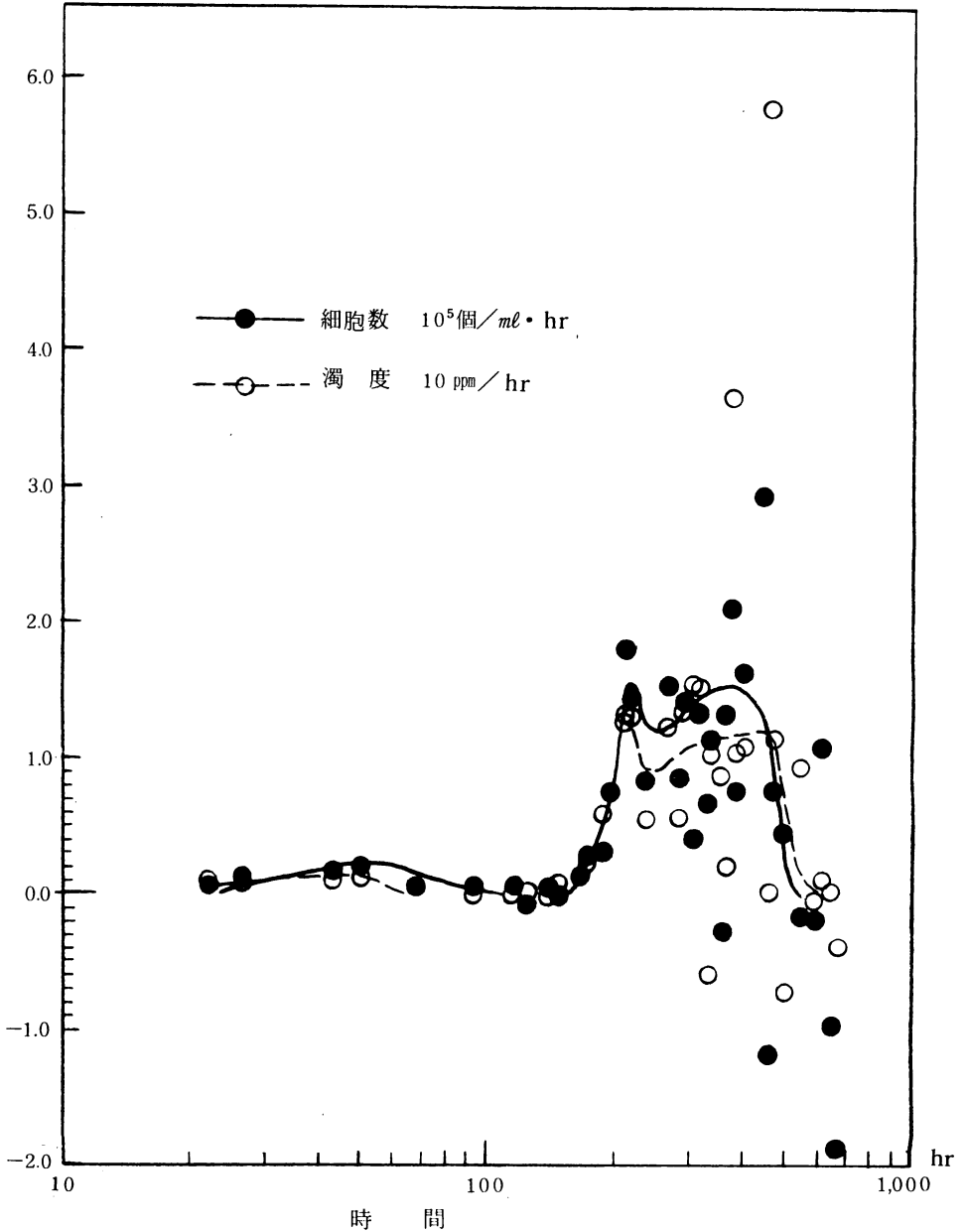


図 6-2-5 生育速度と時間の対数との相互関係

生育速度



### 6-3 細胞数と濁度の関係

細胞数が濁度によって直ちに示されるものでなく、両者の関係がその増殖の過程に応じて変動することについては、6-2-3で触れたが、本節では両者の相関関係からこれを考察してみたい。

図 6-3-1 Scenedesmus quadrispina の細胞数と濁度との関係

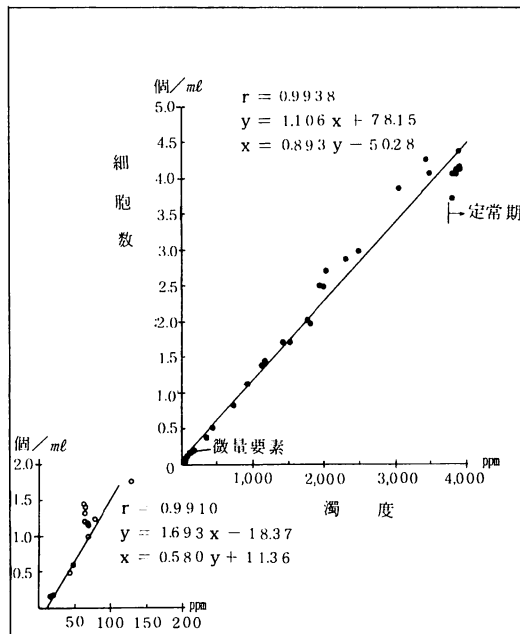
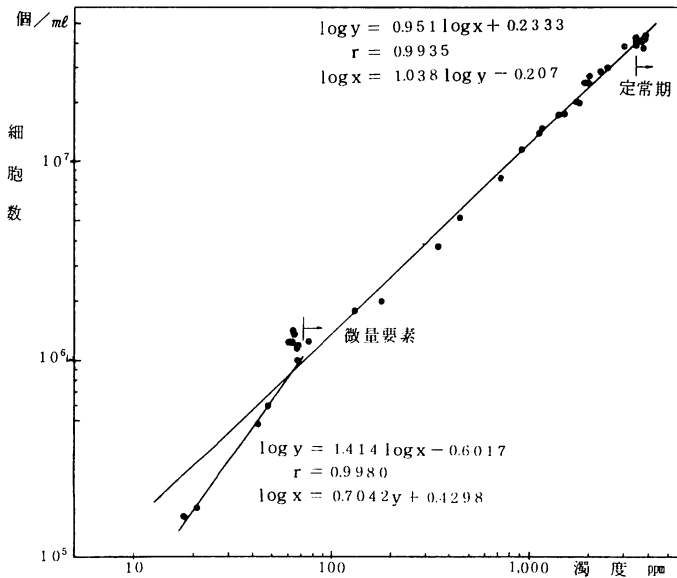


図 6-3-2 (図 6-3-1) の両軸を対数目盛としたもの



細胞の大きさが一定で散乱光が干渉しない場合は、濁度は単純に細胞数に比例する。図6-3-1は濁度を横軸に、細胞数を縦軸にとったもの、図6-3-2は両者のそれぞれの対数を、同様に取ったグラフである。

今濁度を  $x$  ppm、細胞数を  $y$  万個/mlとして次の回帰直線を考える。

$$y = Ax + B \quad \dots\dots\dots (6 \cdot 9)$$

$$\log y = A' \log x + B' \quad \dots\dots\dots (6 \cdot 10)$$

$$x = ay + b \quad \dots\dots\dots (6 \cdot 11)$$

$$\log x = a' \log y + b' \quad \dots\dots\dots (6 \cdot 12)$$

式(6・9)、(6・10)のときの相関係数をR

式(6・11)、(6・12) " r

として、表6-3-1にまとめた。

表6-3-1 緑藻の生育過程における細胞数と濁度との相対関係

	対 数 目 盛			普 通 目 盛		
微量要素無し 定常期前最初の5点	A'1.414	B' -0.602	r 0.9980	A 1.693	B -18.37	R 0.9910
	a'0.704	b' 0.430		a 0.580	b 11.36	
微量要素無し (10点)	A'1.638	B' -0.907	r 0.9832	A 2.376	B -35.92	R 0.9430
	a'0.590	b' 0.591		a 0.3742	b 19.23	
微量要素添加 定常期前 (23点)	A'0.949	B' 0.2422	r 0.9966	A 1.159	B 55.25	R 0.9937
	a'1.047	b' -0.233		a 0.8517	b -27.25	
微量要素添加 (30点)	A'0.940	B' 0.2642	r 0.9968	A 1.097	B 117.73	R 0.9910
	a'1.057	b' -0.260		a 0.8955	b -70.10	
全 部 (40点)	A'0.951	B' 0.2333	r 0.9935	A 1.106	B 78.15	R 0.9938
	a'1.038	b -0.2067		a 0.8932	b -50.28	

この表からわかるように、両者の相関係数は微量要素無添加の10点を除いてすべて0.99以上で、細胞数と濁度とは、一方が定まれば他方が一義的に定まる。この際微量要素無添加の10点のような場合は6-2-3で考察したように、全体の中で誘導期の数値が多く、誘導期には細胞の個体の大きさが大きくなり、そのために細胞数と別に濁度が高くなることになる。即ち、誘導期には以上のような計算はやや精度が落ちることを知らなければならない。又、細胞の大きさに及ぼす条件は種々あると考えられ、例えば微量要素の不足、培養温度などが影響するであろうし、定常期に達すると、又、その変動が少しはいつて来るようである。

#### 6-4 Scenedesmus 増殖のまとめ

(1) 藻体量の測定では通常濁度測定と細胞数測定はほぼ1に近い相関が得られ、実用的には濁度の測定で藻体の濃度を決定し得る。



表7-2 Scenedesmus quadrispina の培養における無機成分の行動

(微量成分添加(定常期))

① 培養液      ② 濾液      ③ 濾過残渣      ④ 洗浄残渣

	K-N	T-P	K	Mg	Ca	Mn	Fe	Zn	Na	Cu
① mg/l	74.3	10.75	15.9	59.4	25.8	0.566	0.43	0.14	88	0.011
② mg/l	2.2	0.64	2.71	52.5	29.3	0.489	0.07	0.07	92	0.006
③ mg/l	70.9	8.53	12.8	3.32	0.37	0.048	0.30	0.07	nd	0.009
④ mg/l	66.2	7.78	12.8	2.74	0.19	0.037	0.28	0.02	nd	-
③ - ④ mg/l	4.7	0.75	-	0.58	0.18	0.011	0.02	0.05	-	0.009
③ 乾燥重量 %	4.56	0.549	0.823	0.214	0.024	0.0031	0.019	0.0045	-	0.0005
④ 乾燥重量 %	4.26	0.500	0.823	0.176	0.012	0.0024	0.018	0.0013	-	-
③ - ④ 乾燥重量 %	0.30	0.048	-	0.037	0.012	0.0007	0.001	0.0032	-	0.0005

SS            1,555 mg/l

濁度  
(カオリン)    3,800 mg/l

細胞数        4.2 × 10<sup>7</sup> 個/ml

クロフィル a    11.23 mg/l            0.72 % 乾燥重量

                  "    b    4.45 mg/l            0.29 % "

カロチノイド    1.36 mg/l            0.87 % "

表7-3 Scenedesmus quadrispina の培養における無機成分の行動

(微量成分添加(定常期))

① 培養液      ② 濾液      ③ 濾過残渣      ④ 洗浄残渣

	K-N	T-P	K	Mg	Ca	Mn	Fe	Zn	Na	Cu
① mg/l	44.1	6.53	12.66	42.1	18.7	0.669	0.29	0.128	64.9	0.013
② mg/l	1.16	0.027	2.76	29.8	19.0	0.009	0.33	0.043	66.3	0.003
③ mg/l	46.6	6.41	9.53	13.1	0.76	0.698	0.22	0.123	0.92	0.010
④ mg/l	46.4	6.12	8.92	12.3	0.49	0.684	0.29	0.116	0.07	0.010
③ - ④ mg/l	0.2	0.29	0.61	0.8	0.27	0.014	-	0.007	0.85	-
③ 乾燥重量 %	3.58	0.493	0.733	1.008	0.0585	0.0537	0.017	0.0095	0.0708	0.00077
④ 乾燥重量 %	3.57	0.471	0.686	0.946	0.038	0.0526	0.022	0.0089	0.0054	0.00077
③ - ④ 乾燥重量 %	0.015	0.022	0.047	0.062	0.020	0.0011	-	0.0005	0.0654	-



SS	1,300 mg/ℓ		
濁度 (カオリン)	2,800 mg/ℓ		
細胞数	$3.1 \times 10^7$ 個/ml		
クロロフィル <i>a</i>	7.51 mg/ℓ	0.58 %	乾燥重量
" <i>b</i>	2.50 mg/ℓ	0.19 %	"
カロチノイド	3.60 mg/ℓ	0.28 %	"

なお、前の3つの表で用いた用語は次のように規定する。

- (1) 培養液：藻類を培養している液で藻体を含んだままのもの
- (2) 滷液：(1)の液を1.0 μのメンブランフィルターで滷過したもの
- (3) 滷過残渣：(2)の滷紙上に残った固型物の洗浄をしないもの
- (4) 洗浄残渣：(3)の残渣を蒸留水で充分洗浄した固定物

単位mg/ℓは普通用いられるとおり溶液（浮遊固型物を含む）1 ℓ中に含まれる元素のmg数であるが、固型物のmg/ℓとは1 ℓの液を滷過して得られた固型物中の元素の量をmgであらわしたものである。また乾燥重量%とは、滷過残渣、洗浄残渣等の固型物の乾燥したものに対する元素を%で示したものである。

#### 7-1 微量成分を添加しない場合

先にも触れたように微量成分を加えない培養液では定常期に達した後も、P、N、Kが高濃度に残っている。即ち、これで定常期となるのは微量成分を消費し尽してその不足を来したためであることがわかる。またこの場合滷過残渣を蒸留水で洗浄すると相当量のN、Pが洗い落とされる。特に滷液中に高濃度にPが存在すると、細胞内のPも相当多いことが見出された。このことは細胞のもつ吸着性によるもので、この状態を調べるために別に実験を行ったので後に詳しく述べる。

#### 7-2 微量成分を添加した場合

微量成分を加えて定常期に達した場合は、滷液中のN、Pは少なく、ほとんど全量が藻体中に取り入れられている。この場合、藻体中のPの乾燥重量%は0.5%程度で、この数値が *Scenedesmus quadrispinus* の必要量のようなものである。

#### 7-3 栄養塩吸収についての考察

微量成分の有無による藻体の構成成分の差異を比較するときには、滷液中の栄養塩の濃度を考慮しなければならない。表7-1から7-3に掲げた③-④の数値は藻体から洗い取られる栄養塩量を示している。これを直ちに吸着されていた塩類と見なすにはなお議論の余地があるが、ここでは一応藻体表面に存在する吸着性栄養塩類としておく。さて、微量成分の添加しな

い場合には、早期に定常期に達してしまい、培養液中には溶解性の栄養塩類が高濃度に残存しており、藻体中では吸着性のN、Pがその全体の半分位を占めて存在する。K、Mg、Caは吸着性のものは少ないので、誤着範囲内に入り、吸着性の塩の有無が不明である。Naは藻中にほとんど利用されていないか、利用されるとしても微量である。

微量要素を添加した場合には、定常期に入ったときの培養液では溶存する栄養塩類の濃度が非常に低下していて、藻体中の吸着性元素はほとんど無く、実験誤差の範囲に入ってしまう。けたKはこの場合ほとんど変動がなく、N、Pのように残留塩類の濃度によって左右されず、ほぼ一定の値を示している。

微量要素の添加によって、主要栄養素塩が、極限と思われる量までも消費されることは、AGPにおいてLiebigの最小濃度則(Low of the minimum)が成立しているものと考えられる。通常の培養では、培養液の組成は、生物の繁殖が最も促進される配合を選択するものであろうが、排水処理ではこの最小濃度則を考慮して目的成分を最少にすることをはからなければならない。

## 8 リンの吸収に関する基礎的研究

近年公共水域における富栄養化の問題が深刻になって来て、これの防止について種々論じられていることであるが、特にPの問題が強く浮かび上がってきた。従来盛んに論じられたNの問題は、近時洗剤の排水などから来るPに置換えられた観がある。即ち、水域の富栄養化は、Pの増加によって支配されるように考えられるようになったのであるが、これは、Nに対してPが相対的に増加して来た場合、Nは制限因子にならず、ある種の藻類によって空中窒素の固定が行われるために、既存のNに無関係に藻類の増殖を来たす結果となるからである。

上の情勢からすると排水処理に当たっても、栄養塩除去の対象になるものは当然Pであって、この研究ではPの摂取速度がどのようなものであるか、又、過剰摂取は如何に行われるかなど、Pの摂取機構を究明することが重要であって、この点に着目して研究を進めてみた。

### 8-1 リンの摂取速度

Pの吸収機構を究明するのに、藻体内への吸収速度がまず必要なものと考えられる。この研究では、 $K_2HPO_4$ と $K_2HPO_4$ を用いて、*Scenedesmus quadricornis*のP吸収の問題を扱ってみた。

Cationに $K^+$ を用いたのは、Kが植物の3大栄養素のひとつであることと、7-3でも述べたようにKの植物体への吸収が、その生育過程等の条件によっては著しい影響を受けないことなどの理由からである。