

2 水 質 課

人工基物を用いての付着藻類による河川の汚濁調査

水 質 課 馬場千枝子 青戸 泉 ^{※2} 光石隆則 ^{※1}

1 はじめに

河川の水質を判定するには、理化学検査と生物学的検査の二通りがある。前者は、水質の瞬時の値しかわからないのに対し、後者は、ある期間の水質の様々な環境要因を知ることができる。つまり、その生物が生息した期間の水質を知ることができるということである。

また、理化学検査法では器械等を要し、経費も高いが、生物学的検査法は、大きな器械も要しないし、誰にでも親しみが得られ、経費も少なくてすむ。そこでここでは、付着藻類を用いて、河川の水質汚濁を判定することとし、人工的に基物を設置し、従来からの自然石による付着藻類相調査法と比較し、石礫のない河川でも使用できるかどうかの研究を行った。あわせて、硅藻群集を指標とした、汚染地図を作成した。これは、硅藻群集組成をもとに河川の有機汚濁を数値で表現しようとするもので、1981年から渡辺らによって研究され、1983年墨田らと共に種々改良されたものである。

2 調査概要

数量的モニタリングのための指標生物として硅藻群集を用い、硅藻を1汚濁耐性種 (*Saprophilous taxa*)、2広適応性種 (*Eulysaprobic taxa*)、3非汚濁耐性種 (*Saproxenous taxa*)、の3群に分類し、それぞれの群が占める相対頻度から汚濁度を求める方式である。これを、*Diatom Assemblage Index to organic Water Pollution* (DAI_{PO}) と呼んでいる。

最も清浄な水域のDAI_{PO} 値は100、最も汚濁した水域では0となるように、100点満点法による一般的評価にて汚濁度を表わす。

DAI_{PO} 値は次式により求められる。

$$DAI_{PO} = 100 - \left(\sum_{i=1}^l T_i + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m I_j \right)$$

$\sum_{i=1}^l T_i$: 有機汚濁に耐性をもつ l 種の硅藻 (*Saprophilous taxa*) の相対頻度 (%) の和

$\sum_{j=1}^m I_j$: 有機汚濁にも耐性をもつが、清浄水域にもよく出現する m 種の硅藻 (*Eulysaprobic taxa*) の相対頻度 (%) の和

作成した汚染地図から、河川の総合平均的汚濁評価点 RPI_D を求めた。

$$RPI_D = S / L$$

S : 汚染地図の縦軸 (幹線流路長)、横軸 (DAI_{PO})、各地点の DAI_{PO} を結んだ線で囲まれる面積

L : 最下流地点までの幹線流路長

※1 佐賀県保健環境部環境衛生課 ※2 佐賀県有明水産試験場

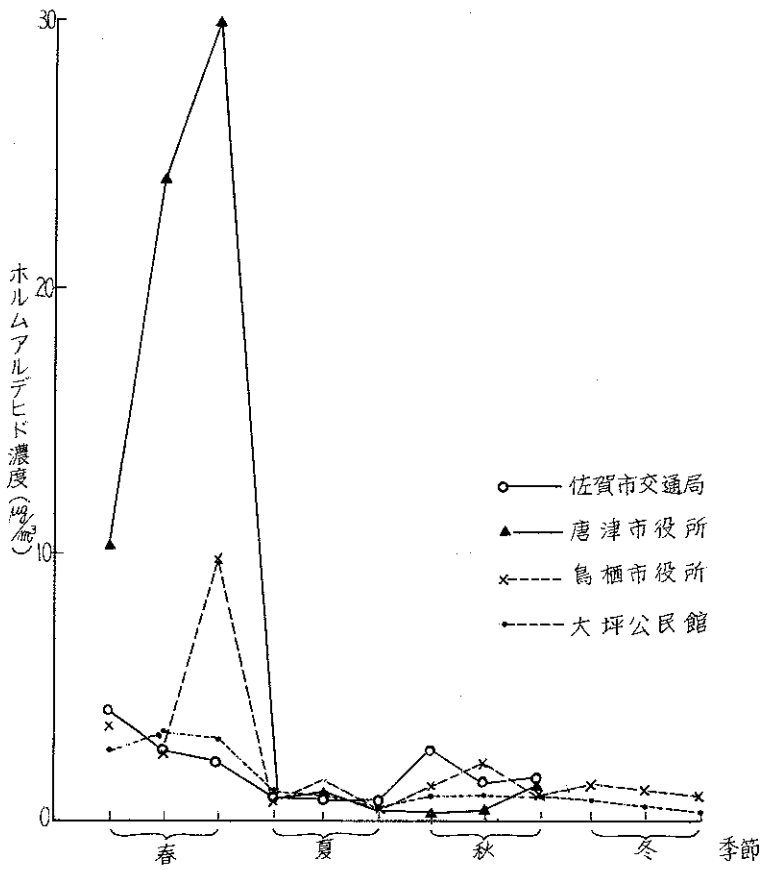


図3 ホルムアルデヒド濃度の地点別・四季別変化

(1) 調査基物

材質として、プラスチック製のプレートを用いて、下記の図の様な型を作成した。

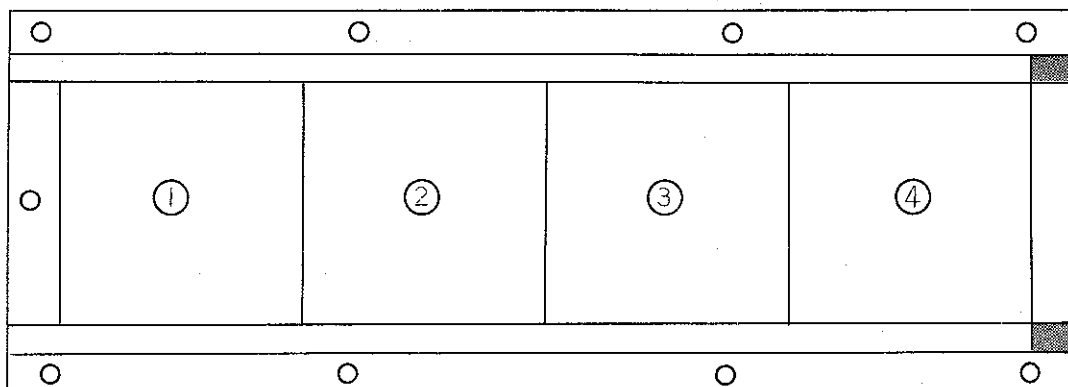


図1 人工基物としてのプレート

1枚の大きさは、 5×5 cmのコドラートの大きさと同じにし、4枚のプレートを1組として、大きめの石にナイロン糸で結び付けて、川底に設置した。年4回を目途に3枚を1組として交換するようにし、残り1枚は年間を通して設置するようにした。又、平たい大きめの石、コンクリート等をよく洗い、人工基物として設置した。

(2) 設置条件

- 1) 水深30cm位の川底
- 2) 流速50cm/秒の瀬

これらの条件をみたく川底に、大きめの石（きれいに洗ったもの）と人工基物と一緒に設置した。

(3) 調査河川

- 1) 嘉瀬川（調査地点 5カ所）
- 2) 町田川（調査地点 本川に5カ所、支川山口川に2カ所の計7地点）

嘉 瀬 川

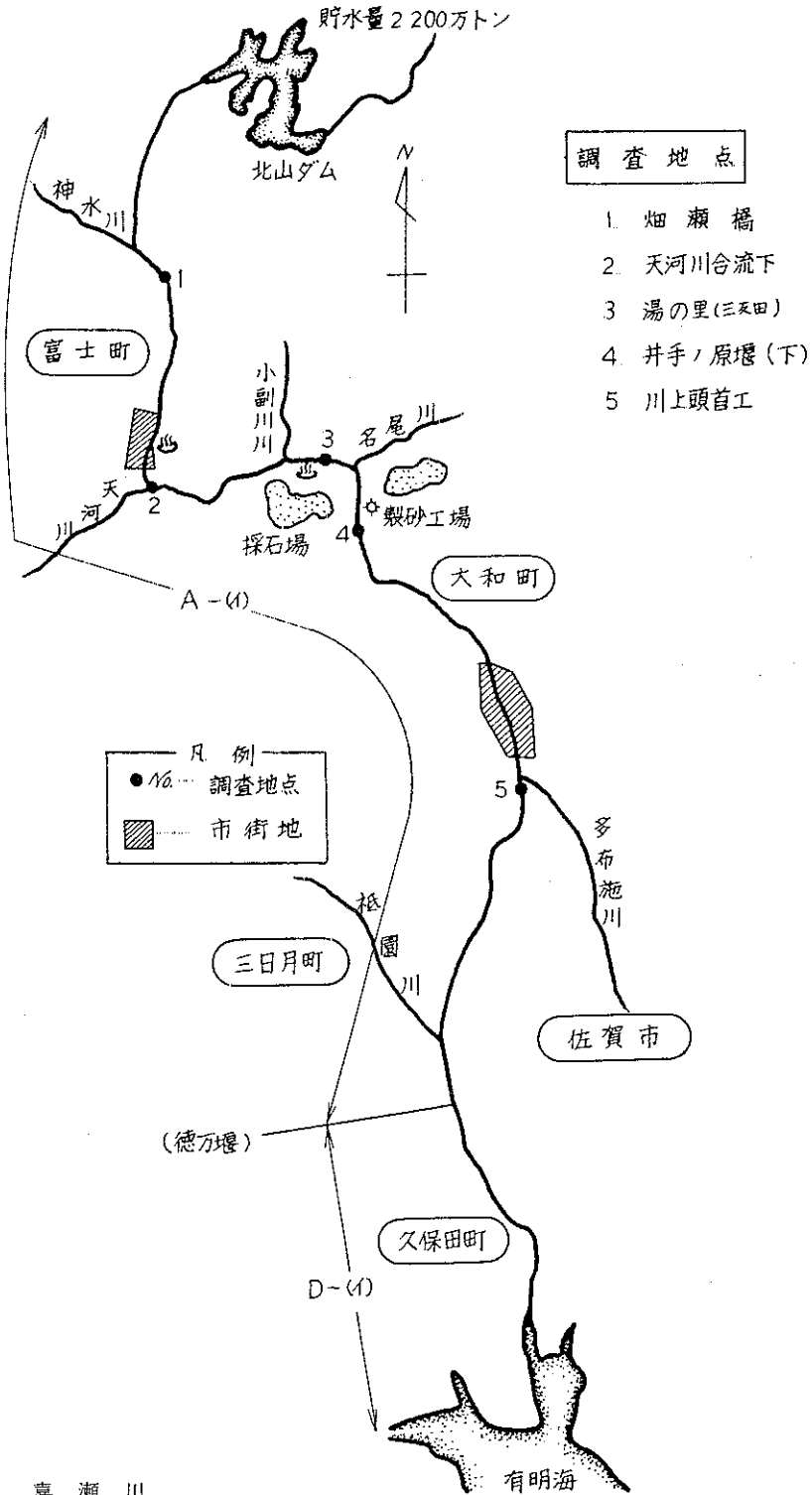


図2 嘉瀬川



図3 地点図

(4) 調査時期

ア 嘉瀬川

付着藻類相調査法（従来の方法）

昭和61年4月24日採取

人工基物による付着藻類相調査法

① 昭和61年3月25日採取（設置期間1月28日～3月25日）

② 昭和61年6月11日採取（設置期間3月25日～6月11日）

イ 町田川

付着藻類相調査法（従来の方法）

昭和60年4月3日採取

人工基物による付着藻類相調査法

① 昭和61年3月24日採取（設置期間1月29日～3月24日）

② 昭和61年7月3日採取（設置期間3月24日～7月3日）

③ 昭和61年10月22日採取（設置期間7月3日～10月22日）

<嘉瀬川>

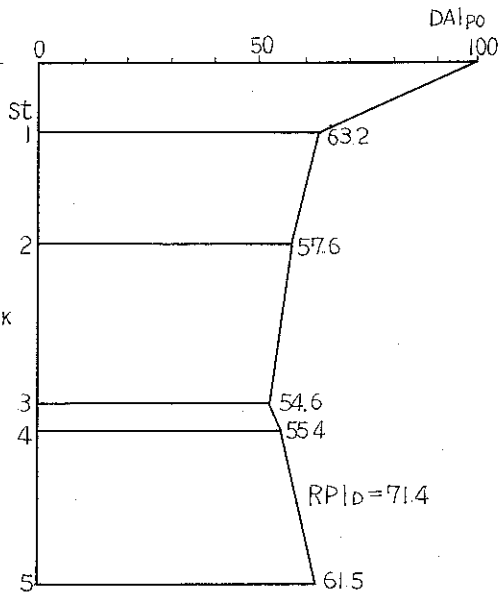
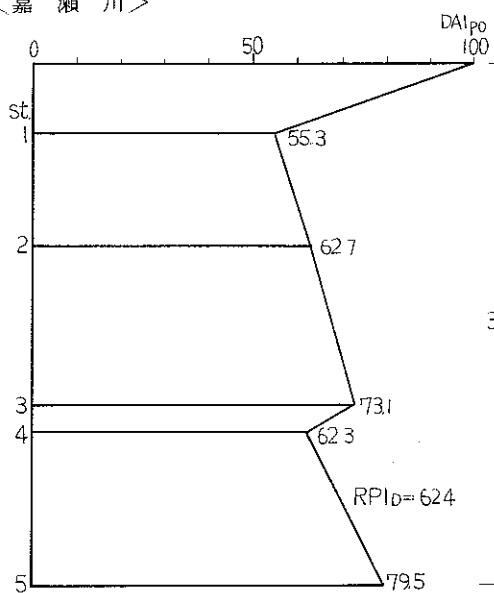


図4 硅藻群集組成に基づく有機汚濁指数による水質汚染地図（昭和61年4月24日採取）

図5 硅藻群集組成に基づく有機汚濁指数による水質汚染地図（昭和61年1月29日～3月24日）

3 調査結果及び考察

(1) 嘉瀬川

嘉瀬川は、県中央部の脊振山地を源として南下する県内最長（57.5Km）の河川で、上流域では県内最大の人工湖北山ダム（有効貯水量2,200万トン）を経て花こう岩質の溪谷を通り、途中古湯温泉街、熊の川温泉街を経て、平地流となり、下流域では川上頭首工で多布施川を分け、途中祇園川を合流して有明海に注ぐ一級河川である。この河川の利用状況は、農業用水、発電用水、上水道用水及び工業用水等多目的にわたっている。

この河川の生物調査は、昭和53年度から行っており、付着藻類についても昭和58年度から始めて4年目である。

調査時期毎の汚染地図を図4～6に記す。

<嘉瀬川>

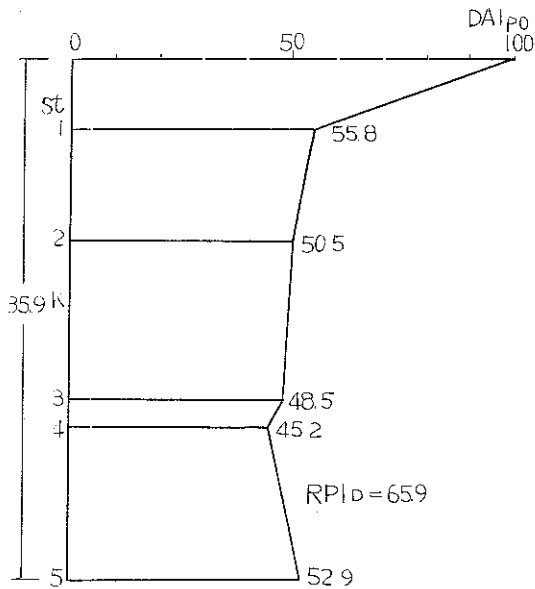


図6 硅藻群集組成に基づく有機汚濁指数による水質汚染地図
(昭和61年3月24日～6月11日)

汚染地図でわかるように、人工基物を用いた調査の結果は、3月と6月とでは、DAI_{PO} 値はst. 1からst. 5まで差はなく大体同じ傾向を示している。st. 3, st. 4が他に比べてDAI_{PO} 値は低くなっている。この付近は、古湯温泉・熊の川温泉といった温泉街の下流域にあたるため、それらの生活排水や、水田等への農業用肥料によるものと思われる。DAI_{PO} 値の数値は 数字からだけを見ると低い様に思われるが、従来からの水質汚濁階級にあてはめると、6月のst. 3とst. 4以外は *oligo saprobic* 域に入り、きれいな水域ということにはなる。

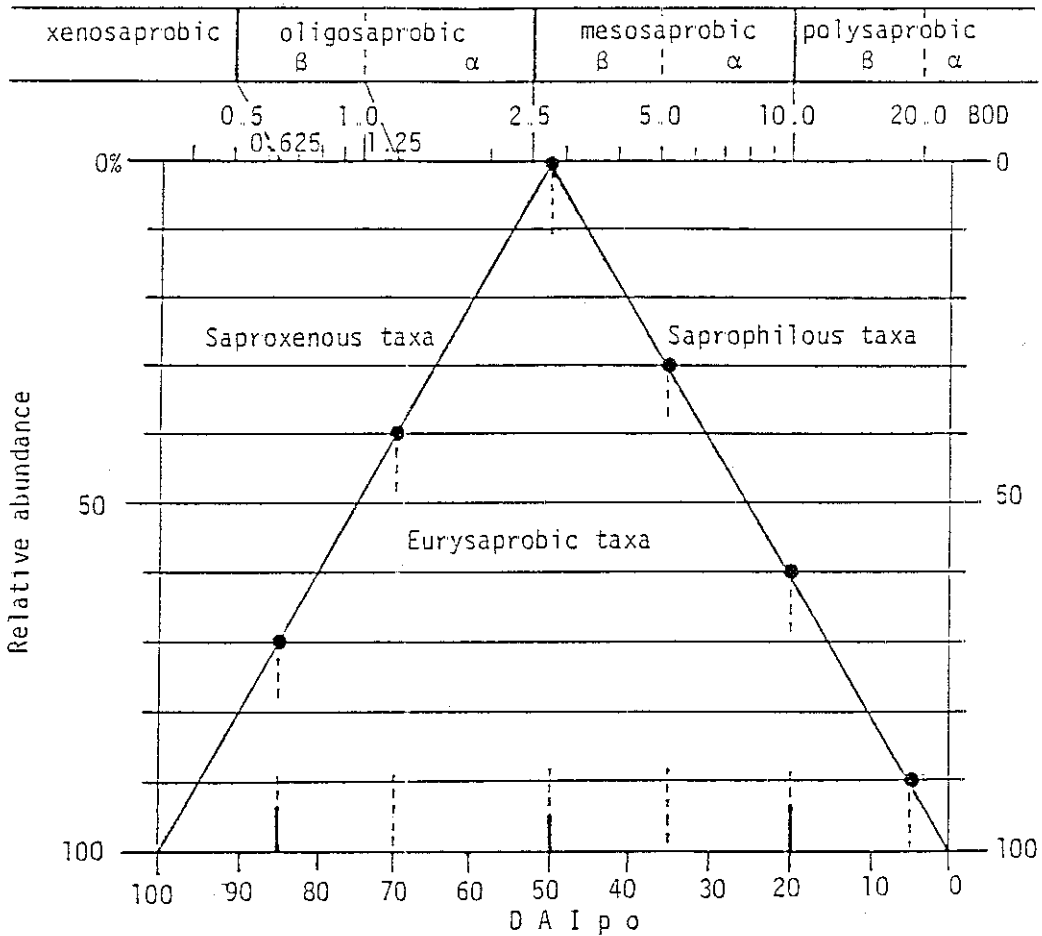


図7 DAI_{PO} と *saprobic* 階級との関係

従来までの付着藻類相調査法（昭和61年4月24日採取分）による汚染地図と、人工基物による調査時の汚染地図と比較すると、各地点のDAI_{PO} 値には大きなバラツキがみられた。特にst. 3とst. 5において差は大きかった。しかし、従来の水質階級では同じ水域に入るので問題はないと思われる。総合平均的汚濁指数 RPI_D 値をみると、従来の付着藻類相調査法も人工基物による調査法でも *oligosaprobic* 域であった。

これら調査時期の優占的 *taxa* を表1、図8～10に示す。

人工基物による調査法で、河床形態の変化が大きく、基物の破損・流失・埋没等があって、6月以降については調査は不可能であった。2回の調査を通じて優占を占めた*taxa*は、st. 1の*Nitzschia palea*とst. 5の*Achnanthes japonica*, *Achnanthes minutissima*の3種で、あとは各地点でバラバラであった。3月の分では上流から下流に平均して多かったのが*Achnanthes lanceolata*と*Achnanthes minutissima*の2種で、6月の分では、*Navicula atomus*, *Nitzschia palea*, *Achnanthes minutissima*の3種であった。種組成を決定する要因として、水質・水温・流速等があげられるので、条件がちがってくれば優占する*taxa*も異なるのは当然と思われる。これらの優占種で*Saprophilous taxa*に属するものは、*Nitzschia palea*のみで、DAI_{P0}値の低い所で優占している。

Achnanthes japonica, *Cymbella ventricosa*, *Nitzschia dissipata*の3種が*Saproxenous taxa*に属し、他は*Eulysaprobic taxa*であった。

従来 of 付着藻類相調査法では、st. 1からst. 5まで圧倒的に*Achnanthes japonica*が優占を占め、次いで*Nitzschia frustulum* v. *perpusilla*が続いた。

現存量・汚濁指数・種数・個体数・多様性指数を比較すると表2、図11~12の結果となる。沈殿量については、従来の付着藻類相調査法の方が人工基物の調査より多かった。日本の平均的河川の沈殿量が、4.16 mlといわれていることから人工基物での設置期間内での沈殿量は少ないことになる。個体数の平均が2,000~5,000個/mm²からすると、どの調査時期もその範囲内であった。汚濁指数も変わりなく、多様性指数についても、大きな差はなかった。種数は、人工基物44種、従来の付着藻類相調査法39種と、大きな差は認められなかった。これらから、総合的に判定すると、嘉瀬川は*oligosaprobic*水域である。

(2) 町田川

町田川は、唐津市の中心部を西部から北部へ向って流下し、河口で松浦川と合流し唐津湾に注いでいる一級河川である。上流では畜産排水、下流では事業所排水、生活排水の影響を受け、大変汚濁された都市河川である。

この河川は、理化学的水質検査結果に比較して、底質が黒ずみ問題化したために昭和58年度から引き続き調査を行ってきている。調査時期毎の汚染地図を図13~16に示す。

汚染地図でわかるように、st. 3からst. 4にかけて、DAI_{P0}値が低くなっている。この附近には豚舎等の畜舎が散在し、生活排水・製あん工場排水等の流入が多いに関係しているものと思われる。又、この河川は水深もなく、河床形態が調査のたびに変わって採取が困難であった。本来ならば、河川の自浄作用が働いて下流にいくにつれ、徐々に回復する所であるが、4.5 Kmと短い河川のためなのかDAI_{P0}値は、高くはならなかった。しかし、DAI_{P0}値の数値を数字からだけみると、

低い様に思われるが、従来からの水質汚濁階級にあてはめると、*oligosaprobic* 域に入るので、きれいな水域ということにはなる。

従来までの付着藻類相調査法（昭和60年4月採取分）による汚染地図と、人工基物を使った3回の採取による汚染地図と大差はなかった。3回のうち10月の調査で、RPI_D 値が最も悪かったが、汚濁階級にあてはめると *oligosaprobic* 域に入る。各地点の DAI_{P0} 値はバラツキはあるが、極端な差はないように思われる。これら調査時期の優占的 *taxa* を表3、図17～20に示す。

人工基物による調査法での7月及び10月の調査は、河川形態の変化等により全地点採取が不可能だった。3回の調査を通じて優占を占めた *taxa* は、st 1 の *Achnanthes japonica* のみで、他は調査のたびにちがっていた。水質・水温・流速が付着物の種組成を決定する要因となるので、条件がちがってくれば優占する *taxa* も異なるのは当然と思われる。これらの優占種で *Saprophilous taxa* に属するものは、*Nitzschia palea*, *Navicula seminulum*, *Navicula minima*, *Navicula pelliculosa* の4種で、DAI_{P0} 値の低い所で優占している。*Achnanthes japonica*, *Cymbella ventricosa*, *Gomphonema quadripunctatum* が *Saproxenous taxa* に属し、前記の4種が *Saprophilous taxa*、他の *taxa* は *Eulysaprobic taxa* であった。

10月採取分で、*Melosira italica* が目立つのは、上流にある平木場ダムのプランクトンに左右されているように思う。この平木場ダムは *Melosira italica*, *Melosira varians* 等が夏場に多く出現しているからである。

現存量・汚濁指数・種数・個体数・多様性指数を比較すると、表4、図21の結果となる。

従来の付着藻類相調査法によれば、沈殿量は人工基物を用いた調査よりも多かった。人工基物での調査の平均は、7月が最も少なく、他は同じであった。日本の平均的河川の沈殿量が、4.16 ml といわれていることから、人工基物での設置期間内での沈殿量は少ないことになる。個体数の平均が2,000～5,000 個/mm² からすると、どの調査時期もその範囲内もしくは、それ以上であった。汚濁指数は1.7～1.8と変わりはなかった。多様性指数は61年7月のst. 4が2.1と最も悪かった。各調査時の平均は、3.5～4.6であり、人工基物を用いた調査の平均と従来の付着藻類相調査法平均と値は同じであった。

種数は調査時期により異なるが、極端な差はないと思われる。多様性指数や汚濁指数と DAI_{P0} 値との相関は、図22～24の如くでよくわかる。汚濁指数が高くなっている地点では、DAI_{P0} 値は低くなっている。

これから、総合的に判定すると、町田川は *oligosaprobic* 水域である。

表 1 嘉瀬川の優占的 taxa

項目 年月日 st	付着藻類相調査法	人工基物による付着藻類相調査法
	61. 4. 24	61. 6. 11(3/25 ~ 6/11)
1	<i>Navicula gregaria</i> <i>Achnanthes japonica</i> <i>Navicula atomus</i>	<i>Gomphonema angustatum</i> <i>Nitzschia intermedia</i> <i>Nit. palea</i>
2	<i>Achnanthes japonica</i> <i>Nitzschia palea</i>	<i>Navicula atomus</i> <i>Achnanthes minutissima</i> <i>Nitzschia palea</i>
3	<i>Achnanthes japonica</i> <i>Nitzschia frustulum</i> v. <i>berbusilla</i>	<i>Nitzschia palea</i> <i>Nit. frustulum</i> v. <i>berbusilla</i>
4	<i>Achnanthes japonica</i> <i>Nitzschia frustulum</i> v. <i>berbusilla</i> <i>Navicula atomus</i>	<i>Navicula atomus</i> <i>Nitzschia frustulum</i> v. <i>berbusilla</i> <i>Nit. palea</i>
5	<i>Achnanthes japonica</i> <i>Nitzschia frustulum</i> v. <i>berbusilla</i>	<i>Achnanthes minutissima</i> <i>Cocconeis placentula</i> <i>Achnanthes japonica</i>

表2 各地点毎の個体数・沈殿量・汚濁指数・多様性指数及び種数(嘉瀬川)
(従来からの付着藻類相調査法)

st	項目		採取月日	沈殿量 ($mg/75cm^2$)	個体数 ($cell/cm^2$)	Shannon	β -Index	種数	P.I.
	地点名	橋							
1	畑瀬	橋	61.4.24	1.0	2199	4.6588	15.9422	54	1.8
2	天河合	流下	"	3.0	10664	4.3008	11.3908	47	1.7
3	三反	田	"	6.0	45187	3.5120	5.2052	38	1.7
4	井手	の原堰	"	0.75	937	3.8571	8.9157	37	1.6
5	川上	頭首工	"	7.0	74952	2.8051	3.0158	42	1.7

(人工基物による調査)

1	2	3	4	5	(設置期間 1/29~3/25)		沈殿量 ($mg/75cm^2$)	個体数 ($cell/cm^2$)	Shannon	β -Index	種数	P.I.
					畑瀬	橋						
							0.25	714	3.9897	9.3077	45	1.8
							0.5	1782	4.4205	15.1136	44	1.6
							1.0	16470	3.1760	4.7186	36	1.5
							0.25	1226	4.0350	10.4386	38	1.6
							0.9	5318	3.3277	6.3477	30	1.6
(設置期間 3/25~6/11)												
							0.85	4959	4.7147	19.2539	46	1.8
							0.70	1484	4.4012	13.0947	44	1.7
							10.0	5664	4.5427	16.8776	46	1.7
							0.75	3668	4.2572	13.0873	39	1.9
							4.0	4935	4.4251	13.3165	48	1.7

表3 調査時期による優占的 taxa (町田川)

項目 月日	付着藻類相調査法		人工基物による付着藻類相調査法	
	60. 4. 3	61. 3. 24(1/29 ~ 3/24)	61. 7. 3(3/24 ~ 7/3)	61. 10. 22(7/3 ~ 10/22)
1	<i>Ach. japonica</i> <i>Ach. minutissima</i> <i>Cym. ventricosa</i>	<i>Cym. ventricosa</i> <i>Ach. minutissima</i> <i>Ach. japonica</i> <i>Ach. lanceolata</i>	<i>Cocc. placentula</i> <i>Ach. japonica</i> <i>Ach. minutissima</i> <i>Cocc. placentula</i> v. <i>euglypta</i>	<i>Cym. turgidula</i> <i>Ach. japonica</i> <i>Melo. italica</i>
3	<i>Gom. quadribunctatum</i> <i>Ach. minutissima</i> <i>Cym. ventricosa</i> <i>Na. seminulum</i>	<i>Na. atomus</i> <i>Na. mularis</i> <i>Nit. frustulum</i> v. <i>perbusilla</i> <i>Ach. minutissima</i>	<i>Cocc. placentula</i> <i>Gom. angustatum</i> <i>Nit. romana</i>	<i>Cocc. placentula</i> <i>Na. seminulum</i> <i>Melo. italica</i> <i>Ach. lanceolata</i>
4	<i>Na. belliculosa</i> <i>Ach. minutissima</i> <i>Gom. angustatum</i>	<i>Na. atomus</i> <i>Na. mularis</i> <i>Ach. lanceolata</i>	<i>Na. belliculosa</i> <i>Cocc. placentula</i> <i>Gom. parvulum</i>	<i>Na. minima</i> <i>Melo. italica</i> <i>Nit. palea</i> <i>Na. seminulum</i>
5	<i>Ach. lanceolata</i> <i>Ach. minutissima</i> <i>Ach. japonica</i>	<i>Ach. lanceolata</i> <i>Na. atomus</i> <i>Ach. minutissima</i>	<i>Na. gregaria</i> <i>Ach. lanceolata</i> <i>Nit. palea</i>	—
6	<i>Na. gregaria</i> <i>Na. meniscus</i> v. <i>upsaliensis</i> <i>Na. heufferi</i> v. <i>leptocephala</i>	<i>Na. mularis</i> <i>Na. atomus</i> <i>Na. viridula</i> <i>Nit. frustulum</i> v. <i>perbusilla</i>	—	<i>Nit. palea</i> <i>Ach. lanceolata</i> <i>Na. acceptata</i>
8	<i>Na. atomus</i> <i>Nit. palea</i> <i>Gom. parvulum</i>	<i>Na. mularis</i> <i>Na. viridula</i> <i>Nit. frustulum</i> v. <i>perbusilla</i> <i>Na. atomus</i>	—	—

表4 各地点毎の個体数・種数・沈殿量・汚濁指数及び多様性指数（町田川）

項目 年月 地点	個体数 (cell/mm ²)				沈殿量 (mg/75cm)				種数				汚濁指数				多様性指数			
	60.4	61.3	61.7	61.10	60.4	61.3	61.7	61.10	60.4	61.3	61.7	61.10	60.4	61.3	61.7	61.10	60.4	61.3	61.7	61.10
st 1	1800	16800	1050	36300	1.25	2.75	0.5	8.0	38	33	46	52	1.6	1.0	1.7	1.8	3.68	2.9	4.10	4.22
1下	-	5100	1250	6100	-	0.5	0.6	1.25	-	27	51	45	-	1.8	1.7	1.8	-	3.18	4.40	4.28
3	12100	43300	3560	8900	7.0	1.7	0.7	2.0	41	28	47	57	1.8	1.9	1.8	1.9	4.16	3.40	4.50	4.87
4	11600	113700	13690	7790	14.0	12.0	1.1	1.5	46	40	36	56	2.1	1.8	1.8	1.8	4.70	3.85	2.14	5.06
5	240	2400	680	-	0.5	1.1	0.4	-	39	37	45	-	1.5	1.8	2.0	-	4.03	3.59	4.91	-
6	17800	370	-	1280	4.0	0.25	-	0.65	31	37	-	47	1.9	1.8	-	1.9	3.72	3.56	-	4.80
8	19300	1280	-	-	7.0	0.5	-	-	39	40	-	-	1.8	1.8	-	-	4.07	4.12	-	-
平均	10473	26135	4046	12074	5.0	2.7	0.7	2.7	39	34.5	45	51.4	1.78	1.7	1.8	1.84	4.06	3.51	4.01	4.64

<嘉瀬川>

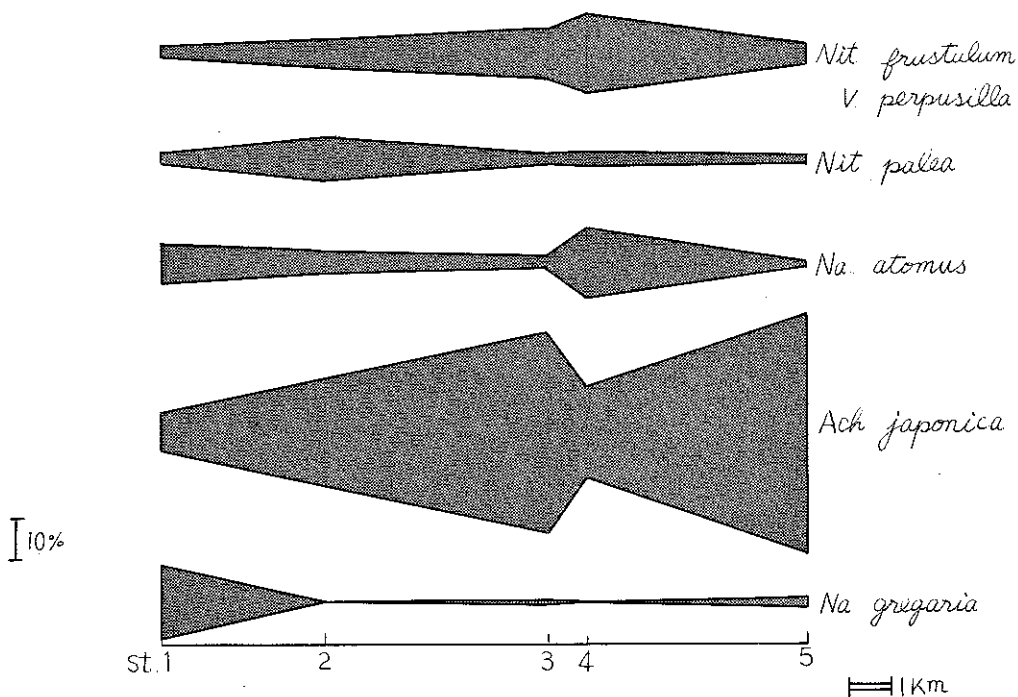


図8 優占的taxaの変動（4/24）

<嘉瀬川>

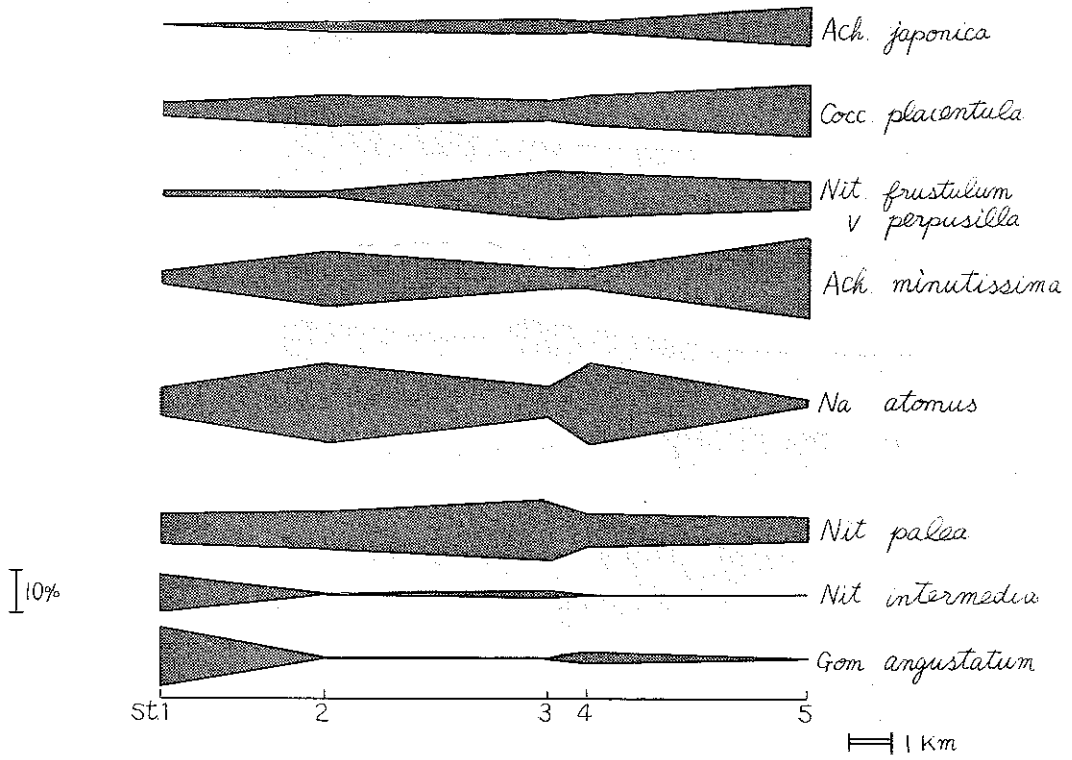


図9 優占的 taxa の変動 (3/25 ~ 6/11)

<嘉瀬川>

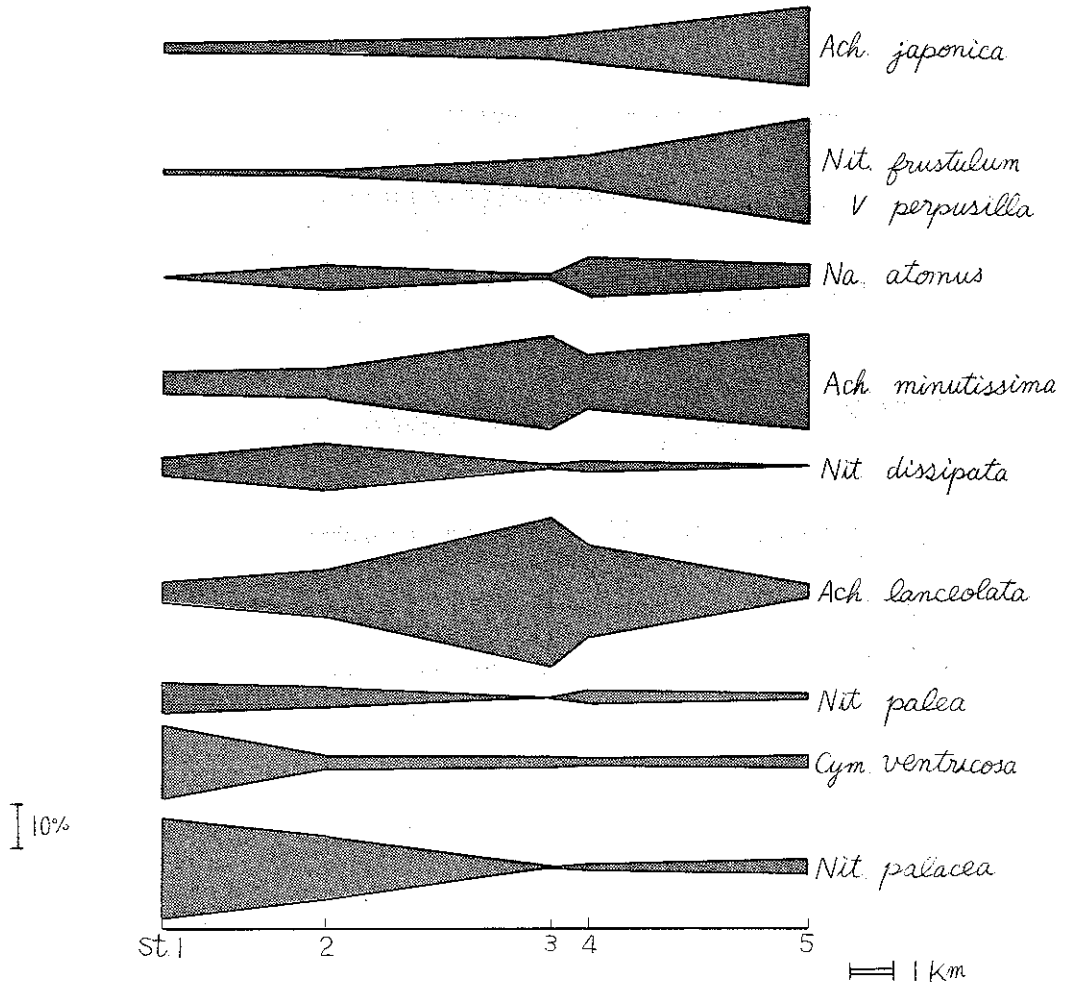


図10 優占的 taxa の変動 (1/28 ~ 3/25)

<嘉瀬川>

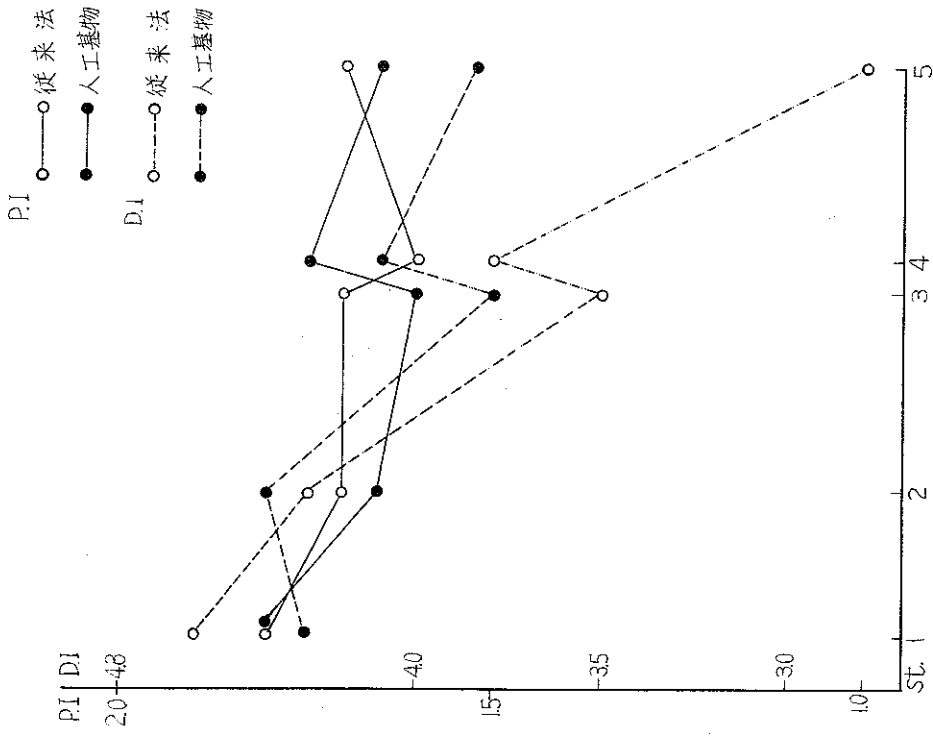


図11 汚濁指数と多様性指数

<嘉瀬川>

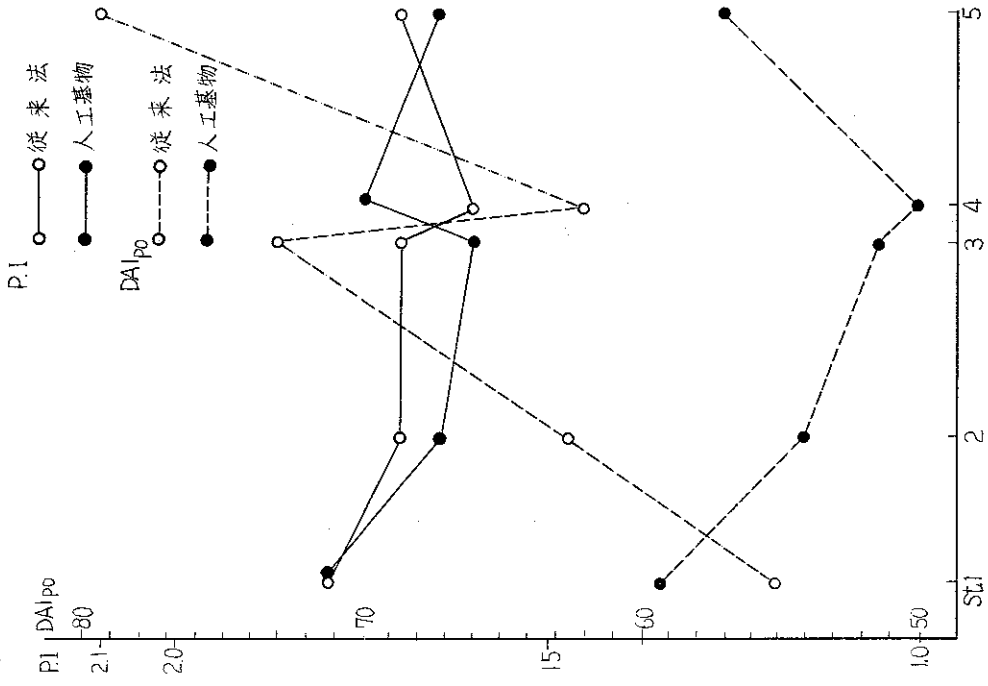


図12 汚濁指数と DAIpo

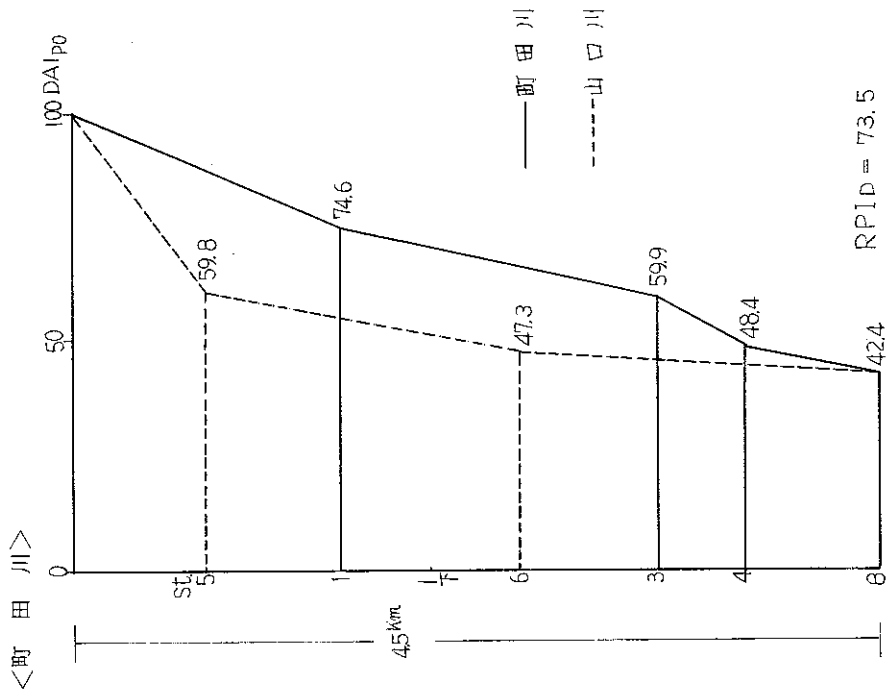


図13 硅藻群集組成に基づく有機汚濁指数による水質汚染地図
昭和60年4月3日採取

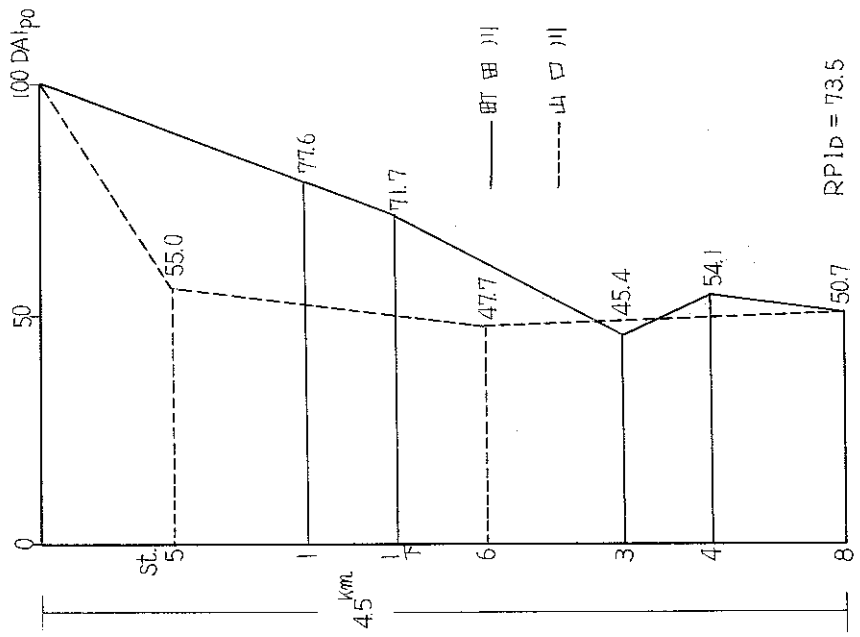


図14 硅藻群集組成に基づく有機汚濁指数による水質汚染地図
昭和61年3月24日採取 (設置期間 1/29 ~ 3/24)

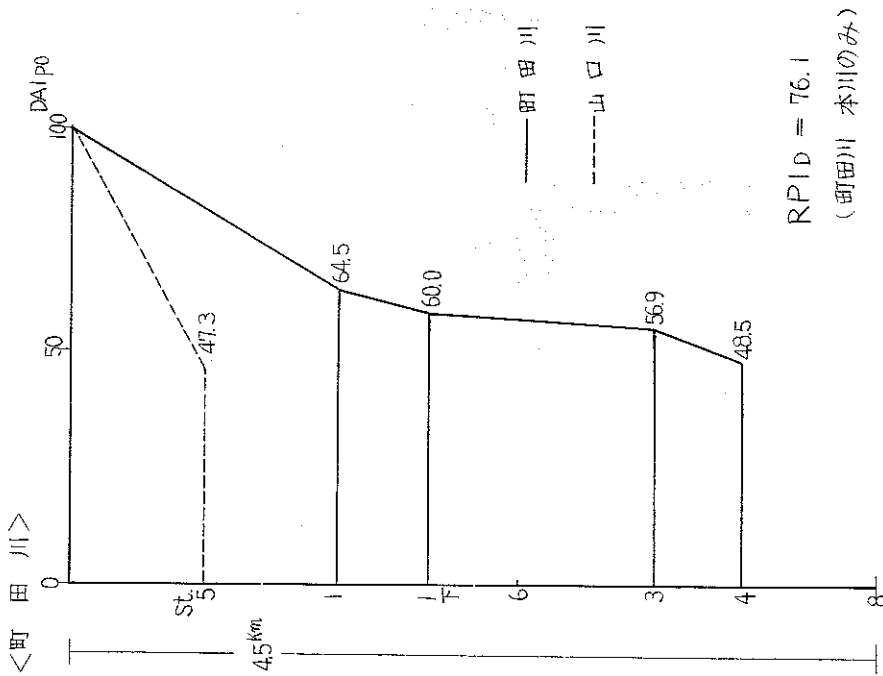


図15 硅藻群集組成に基づく有機汚濁指数による水質汚染地図
昭和61年7月3日採取 (設置期間 3/24 ~ 7/3)

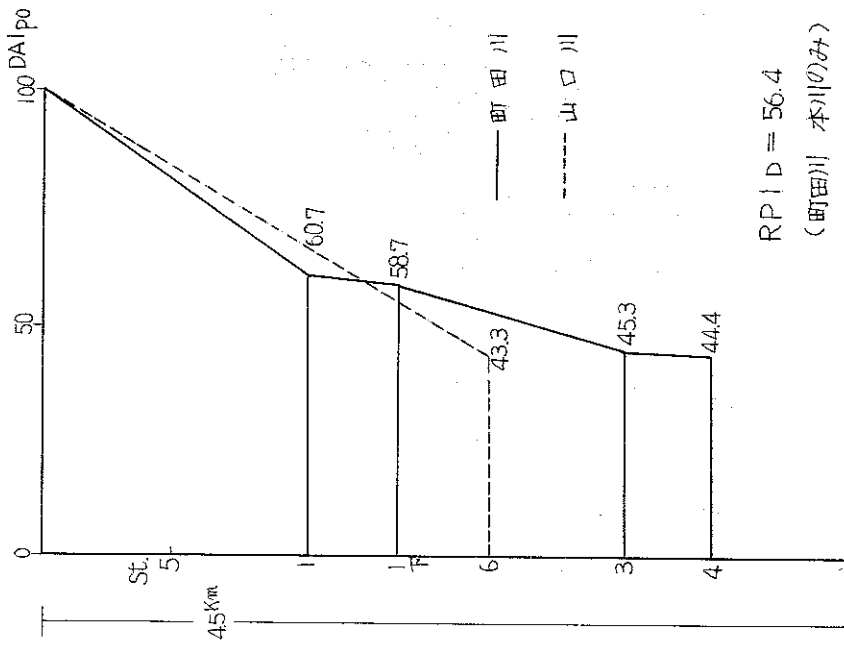


図16 硅藻群集組成に基づく有機汚濁指数による水質汚染地図
昭和61年10月22日採取 (設置期間 7/3 ~ 10/22)

<町田川>

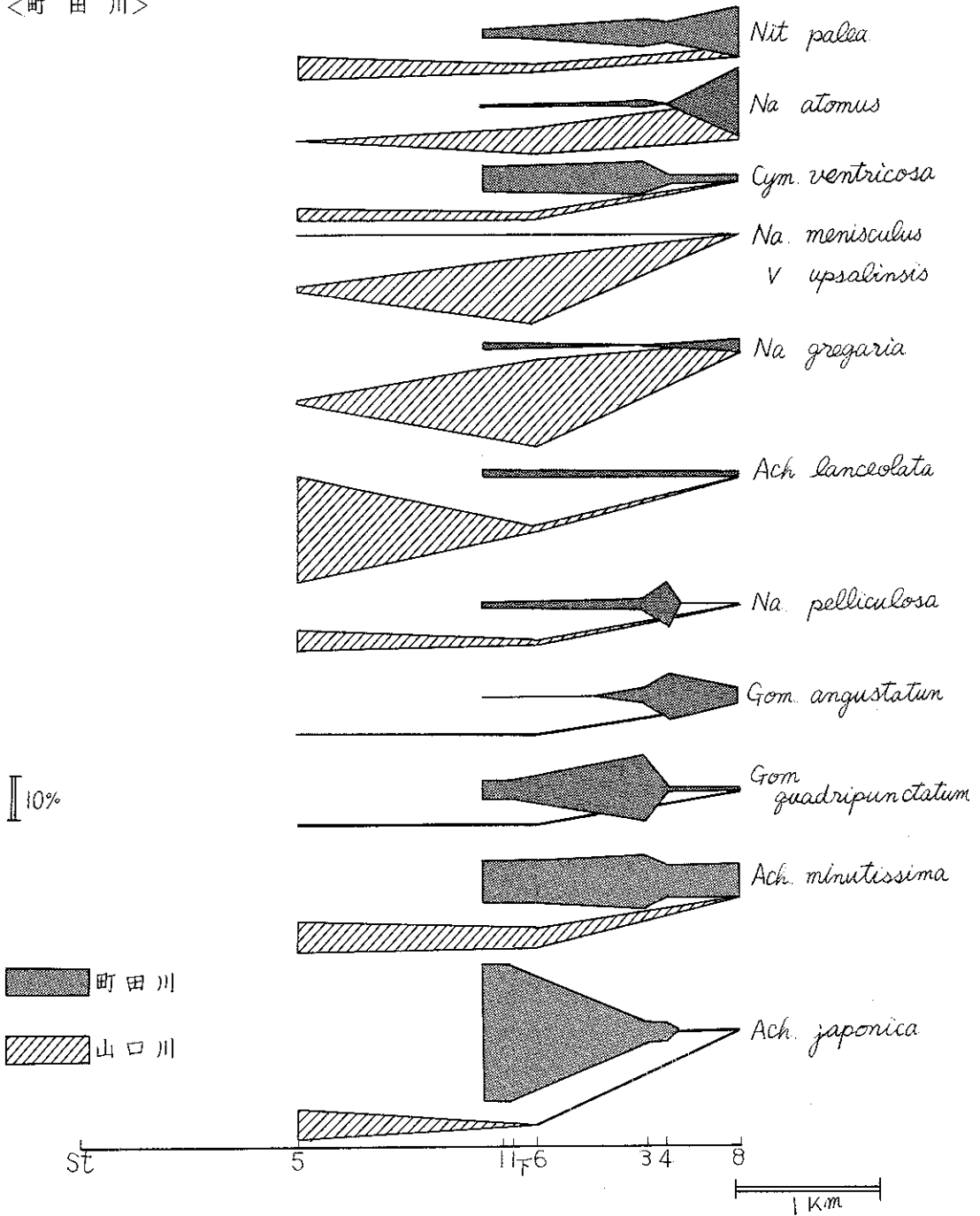


図17 60 4.3 優占的 taxa の変動

<町田川>

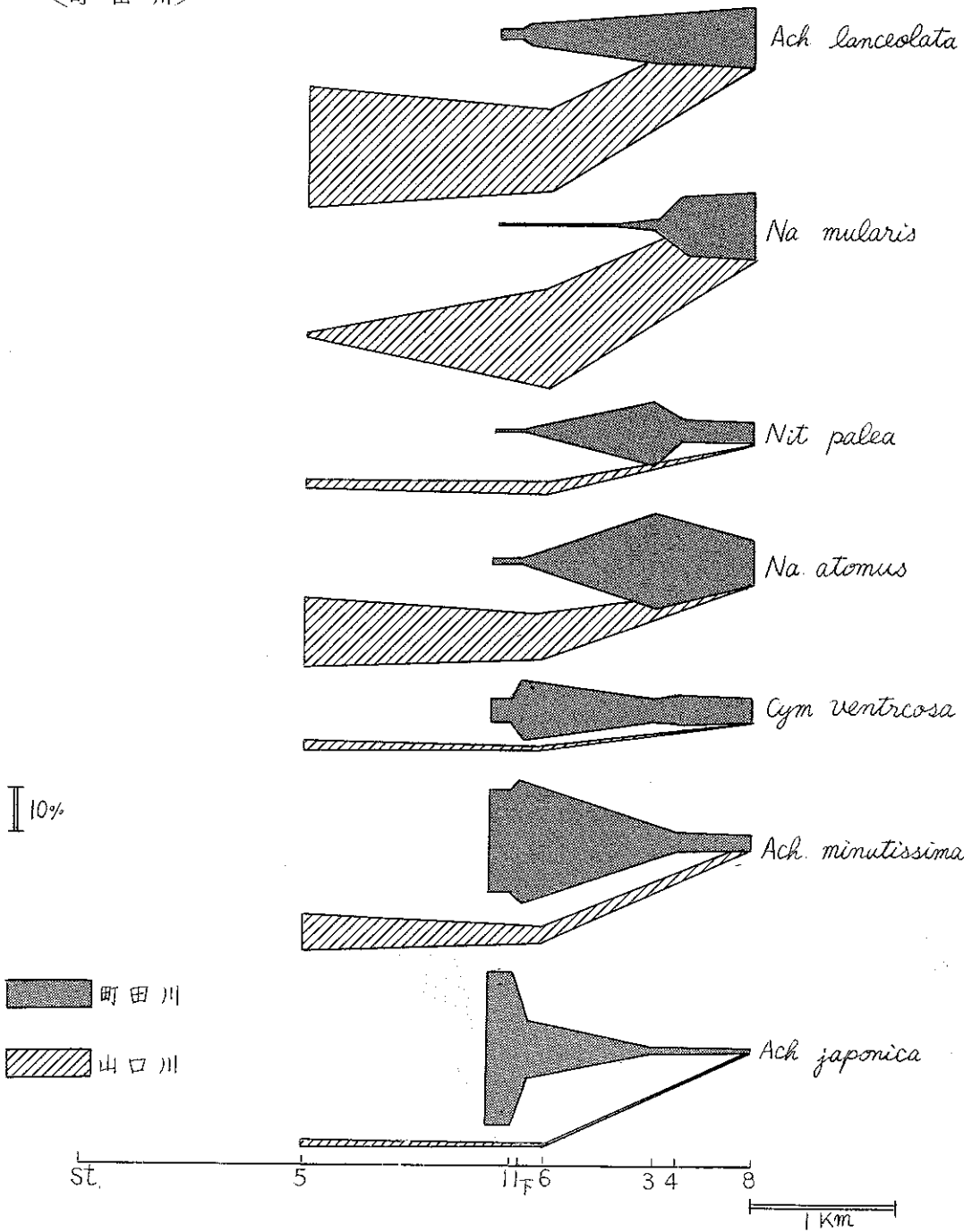


図18 61 3 24 優占的 taxa の変動

<町田川>

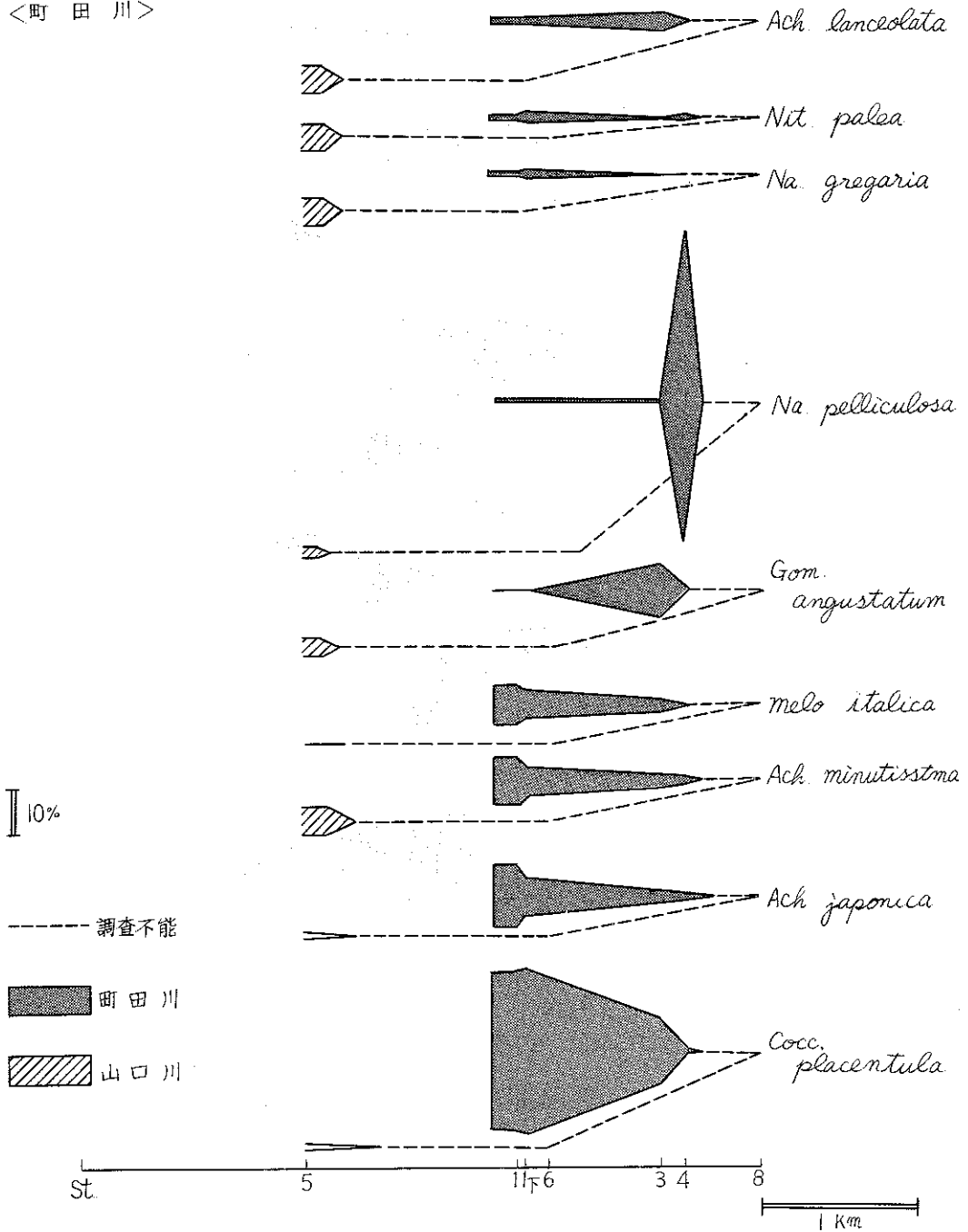


図19 61.7.3 優占的 taxa の変動

<町田川>

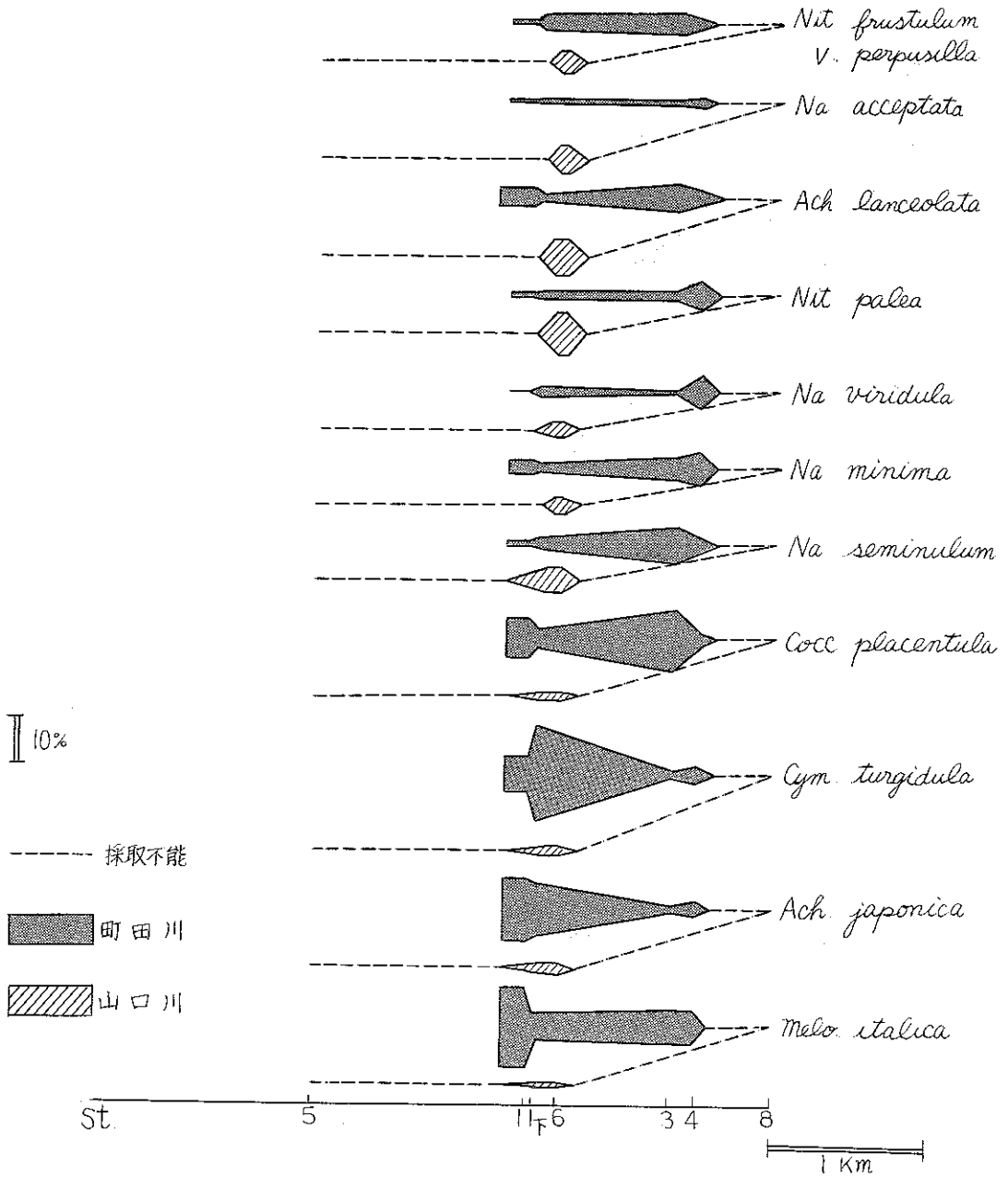


図20 61 10 22 優占的 *taxa* の変動

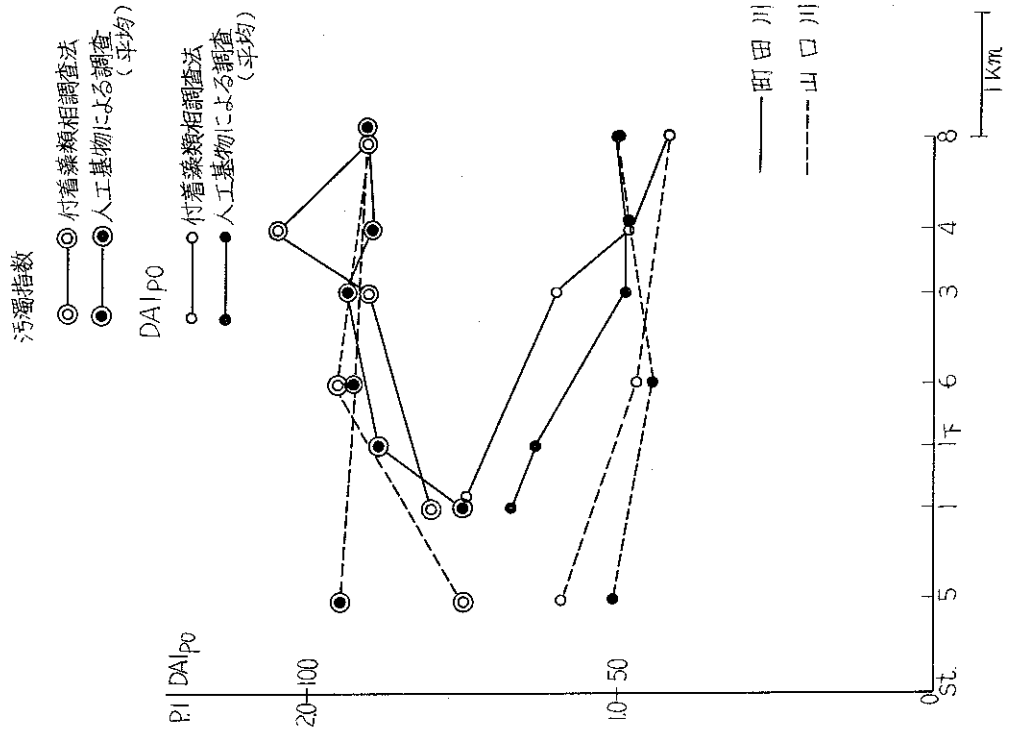


図22 汚濁指数とDAI_{PO}

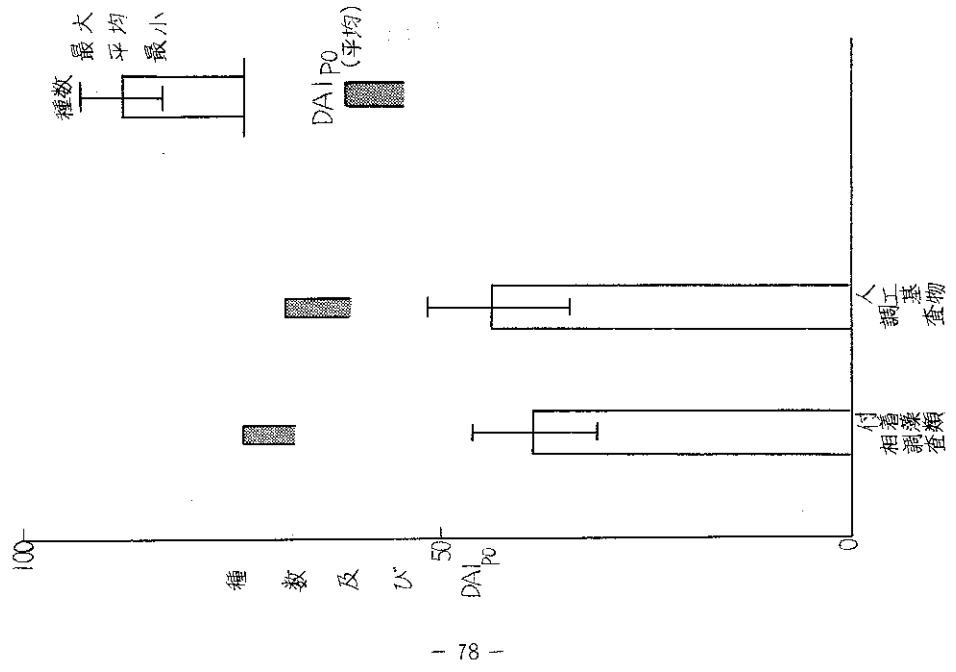


図21 種数とDAI_{PO}

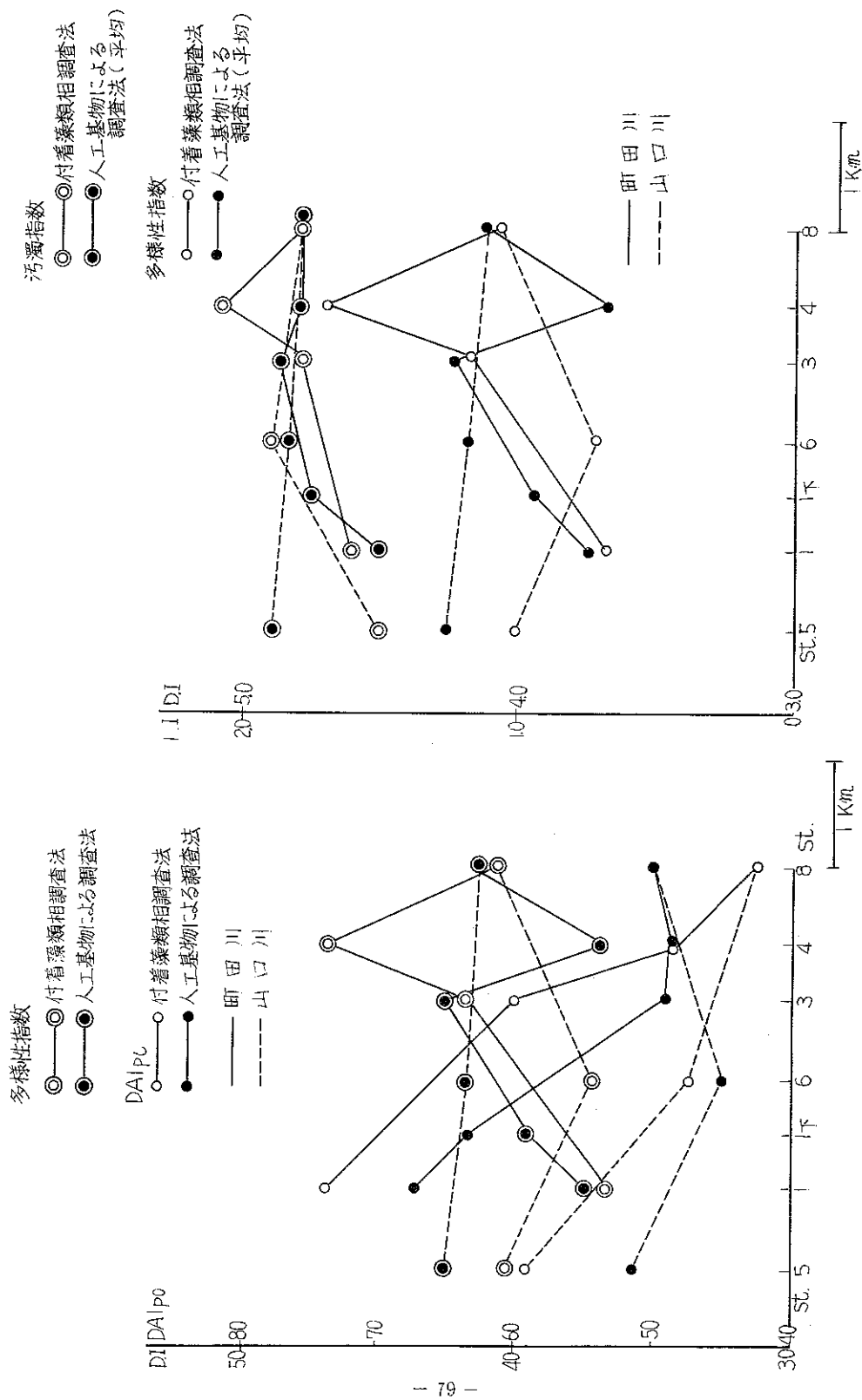


図24 汚濁指数と多様性指数

図23 多様性指数とDAIp0

4 おわりに

これらの調査結果から、町田川本川よりも、支川山口川の汚濁が町田川の汚濁にかなり影響している。支川山口川周辺には、畜舎・事業所等はさほど多くないので、生活排水の影響を多くうけていると思われる。

調査を実施するに当たっては、農地整備事業や宅地造成などが、上流で盛んに行われているために、土砂の流出が多く川底の形態が刻々変化し、調査期間中に人工基物の破損や、移動を実施するなど困難性をともなった。

町田川については、前述の様に58年度から継続して実施しているが、調査当初は河川底質の黒ずみが著しく、一見して都市下水路の状態であった。開発事業による河川の土砂堆積が進み、畜舎の移転等もあって、黒ずみ部分のヘドロを被覆してしまったため、川底表面は全体的に砂質へと変化し、従来よりも外観上はきれいな状況となった。ただし、土砂堆積の著しい部分については、浚渫事業が一部実施中である。

今回行った嘉瀬川と町田川における人工基物を用いた付着藻類相調査法による水質汚濁度の調査結果をみても、設置条件・河床の環境条件の変化及び、雨期対策を配慮して設置することにより、十分調査可能であると思われる。

引用文献

- (1) 後藤敏一・根来健一郎：十津川・熊野川水系の硅藻植生，日本陸水学会誌 47 2：143～153
(1986)
- (2) 佐賀県保健環境部：生物学的方法による水域環境調査（第Ⅵ～Ⅶ報）：1984～1985
- (3) Partric, R. & Reimer, C. W. (1966～1975)
- (4) Hustedt, F. 1930～1966
- (5) 福島 博・小林艶子・寺尾公子：羽状ケイ藻 *Achnanthes exigua* Grun. とくに, *var. heterovalva* Krasske の分類学的研究(1)(2)(3), 日本水処理生物学会誌19(2)19～36 (1983)
- (6) 渡辺仁治：付着藻類群集と環境指標としてみたバンコック，チェンマイ市周辺河川の汚濁状況
- (7) 渡辺仁治：付着硅藻の相対頻度に基づく生物指標への試み——指標生物に対する問題点の考察から——，公害と対策（1981）
- (8) 渡辺仁治，浅井一視 伯耆昌子：硅藻群集による河川有機汚濁の数量評価，関西自然保護機構会報（13）33～50（1986）