

報 告

玉川上水、野火止用水、千川上水の底生動物相

大野正彦 菊地幹夫 古明地哲人 若林明子

(多摩環境保全事務所)

1 はじめに

東京都は、うるおいのある水辺環境を創造するため「清流の復活」事業を策定し、1984年8月に野火止用水、1986年8月に玉川上水を通水させた。筆者らは、通水直後から野火止用水、玉川上水の水生昆虫を含めた肉眼的底生動物（以下、底生動物と称す）を調査しており、これまでに1984年～1988年の結果を報告し¹⁻⁵⁾、コガタシマトビケラ、コカゲロウ、ミズムシ、モノアラガイ等の汚濁に比較的強い種の生息がみられることを明らかにした。また、ユスリカの種類も汚れた水域からやや汚れた

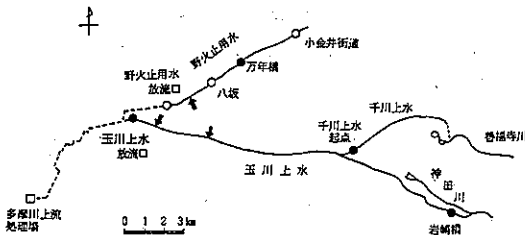
た水域にかけて生息するものが多いと述べた⁵⁾。

都はこの事業の一環として、1989年3月に玉川上水を境橋付近（保谷市新町）で分水し、千川上水を復活させた（図1）。千川上水は、先に通水された野火止用水、玉川上水と河岸、河床形態を異にしている。河岸の崩壊や土砂の水路への流入を防ぐため杭打ち等の護岸工事が施された。河床は関東ローム層⁶⁾をむき出しにせず、生物の生息に適した安定した河床にするため、割ぐり石（直径5cm程度）が敷き詰められた。

また、水質改善を目的として、3水路（野火止用水、玉川上水、千川上水）の水源である多摩川上流（下水）処理場において、1991年4月から脱りんのためのPAC（ポリ塩化アルミニウム凝集剤）処理と、脱色や脱臭のためのオゾン処理を行っている⁷⁾（図2）。

水路に多様な生物を定着させるため、1991年2月までほぼ毎月1回行われていた昆虫成長阻害剤（ディフルベンズロン：商品名デミリン）散布をそれ以後全面的に停止した。

上記した施策が底生動物群集に及ぼす影響を知るために、1990年から1992年にかけて、これら3水路の底生動物相、個体数、水質、付着藻類のクロロフィル量を調べたので、その結果を報告する。



●：今回の調査地点
↓：殺虫剤（昆虫成長阻害剤）散布地点
1991年2月まで、ほぼ毎月1回の割合で散布

図1 調査地点

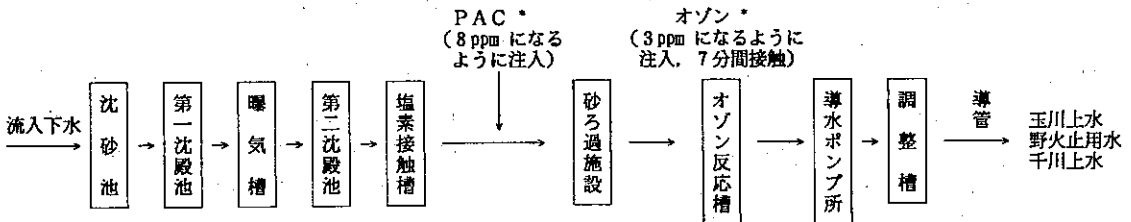


図2 多摩川上流処理場における放流水（玉川上水等の水源）の処理経路

*：1991年4月からPAC・オゾン処理が開始される

2 調査地点及び時期

(1) 調査地点

図1に調査地点を示す。玉川上水2地点(玉川上水放流口, 岩崎橋), 野火止用水1地点(万年橋), 千川上水1地点(千川上水起点), 計4地点を調査した(以下, それぞれ玉川放流口, 岩崎橋, 万年橋, 千川起点と称す)。これらのうち玉川上水, 野火止用水の調査地点は前報⁵⁾と同じである。千川起点は, 水路の幅約2m, 水深約20cm, 河床に割ぐり石(径5cm程度)が厚さ約5cmに敷き詰められていた。岩崎橋を除く3地点にコイが多数生息していた。

(2) 調査時期

1989年5月から1992年2月まで前記の4地点で各11回の調査を行った。この時期, 玉川放流口を除き, 昆虫成長阻害剤が1991年2月までは毎月散布された(図1, 矢印)。

3 調査方法

(1) 水質等

調査時に気温, 水温, pH, 水の色, 臭気, 流速を測定した。また, ポリエチレンびん100mlに採水し, 実験室に持ち帰り, 脱イオン水で10倍希釈し, イオンクロマトグラフィー(DIONEX 2000i, 4000i)で Cl^- , NO_3^- -N, PO_4^{3-} -P, SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ -N, K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} を分析した。

(2) 底生動物

前報⁵⁾と同様に採集し, 同定, 個体数の算定を行った。なお, イトミミズを含むミミズ類は同定が難しく, 採集時に体が切れ易く正確な個体数の把握ができないため, 調査対象にしなかった。

(3) 付着藻類のクロロフィル量

PAC処理によるりんの除去が始まると付着藻類の現存量の低下が予想されたので, 処理後の1991年5月から1992年2月まで玉川放流口の付着藻類を調べた。以下の2か所の石礫上の付着藻類を採取し, アセトン抽出比色法⁸⁾で面積当たりのクロロフィルa, b, c及び, 植物カロチノイド量(波長480nmの吸光度を4倍したもの)を測定した。

A地点: 玉川放流口直下, 日照が遮られない地点。

B地点: A地点から約100m下流の底生動物採集地点, 春から秋にかけて落葉樹により日照が遮られた。

4 結果及び考察

(1) 水質等

調査時の採集箇所の気温, 水温, pH, 水の色, 臭気, 流速を表1に示す。玉川放流口の1991年1月, '92年2月の調査時の水温はそれぞれ16.9, 17.4℃で, 気温(それぞれ3.0, 5.7℃)に比べ高かった。11月~3月の水温は, 流下するにつれ低下し, 岩崎橋では気温と大きな違いはなかった。

pHは全調査で6.48~7.59の範囲で, 玉川放流口の値は7以下(6.48~6.93)であった。pH値がPAC・オゾン処理前後で大きく変わることはなかった。

3水路の水は, PAC・オゾン処理前には淡褐色, 淡灰緑色を呈し, 下水臭を示したが, 処理後は無色になることが多く, 臭気も減少した。

調査時の水質(各イオン濃度)を表2に表した。PAC・オゾン処理が始まると(1991年4月以降), すべての地点でりん酸態りん(PO_4^{3-} -P)が検出限界(0.4mg/l)以下になった。それに対し, アンモニア態窒素(NH_4^+ -N)は処理後に高くなった。他のイオンは処理に伴う顕著な変化を示さなかった。

なお, 玉川放流口の1990年度, '91年度のBOD(平均値)はそれぞれ4.5, 5.8mg/lで, 大きな違いはみられなかった。また, 同所の溶存酸素濃度(平均値)はそれぞれ7.0, 7.4mg/lで, 酸素が豊富であった。3水路全流域にわたって酸素が欠乏することはなかった。

(2) 底生動物相

ア ヌスリカ以外の底生動物

玉川上水, 野火止用水(万年橋), 千川上水(千川起点)で採集された底生動物を表3-1, 2に示した。

玉川放流口では, コガタシマトビケラ(昆虫ではユスリカ以外この種のみ), ミズムシが優占し, カワコザラガイ, サカマキガイ, ヒルも少数みられた。

岩崎橋では, コカゲロウがコガタシマトビケラとほぼ同数みられ(総個体数は前者1452, 後者1263), ナガレアブもよく採集された(11回の調査中7回)。ヒメトビケラが1991年9月以降採集されるようになった。

万年橋, 千川起点でもコガタシマトビケラが優占し, コカゲロウ, カワコザラガイが頻りに採集された。殺虫剤散布停止後, 底生動物の種類数や個体数が急激に増すことはなかった。千川起点は他の3地点に比べ, 種類や個体数が多いとはいえなかった。

表1 調査時の概況

調査地点、時期	気温℃	水温℃	pH	水の色	水の臭い	流速 m/秒
玉川上水放流口						
1990年 5月17日	24.4	21.3	6.57	淡褐色	下水臭少し	0.34
7月17日	29.4	24.4	6.87	淡褐緑色	活性汚泥処理水臭	0.60
9月19日	—	25.2	6.82	淡褐色	下水臭少し	0.49
11月19日	16.4	21.6	6.58	淡灰緑色	なし	0.52
1991年 1月24日	3.0	16.9	6.58	淡褐色	僅かな下水臭	0.37
3月19日	13.6	17.5	6.48	淡灰褐色	なし	0.68
5月13日	—	21.9	6.78	淡緑色	下水臭少し	0.68
7月18日	24.4	24.3	6.76	無色	なし	0.53
9月11日	19.8	24.3	6.93	無色	なし	0.61
11月26日	7.7	20.2	6.75	淡褐色	僅かに臭う	0.71
1992年 2月6日	5.7	17.4	6.49	無色	なし	0.71
玉川上水岩崎橋						
1990年 5月17日	—	18.2	7.26	茶褐色 濁る	なし	0.71
7月17日	31.0	25.5	7.44	褐色 濁る	なし	1.14
9月19日	—	24.8	7.38	淡褐色 濁る	なし	0.86
11月19日	15.2	15.9	7.30	淡褐色	なし	1.32
1991年 1月24日	5.8	5.1	7.50	淡褐色	なし	1.19
3月19日	15.4	14.2	7.09	淡灰褐色	なし	1.00
5月13日	18.7	18.3	7.20	淡灰褐色 少々濁る	なし	0.83
7月18日	24.2	23.6	7.20	無色	なし	0.96
9月11日	21.2	21.6	7.29	淡褐色 少々濁る	なし	1.09
11月26日	9.8	11.1	7.43	淡褐色	僅かに臭う	1.14
1992年 2月6日	7.7	8.5	7.14	淡灰褐色	なし	0.93
野火止用水万年橋						
1990年 5月17日	—	20.7	7.16	淡褐色 少々濁る	僅かな下水臭	0.49
7月17日	35.3	25.3	7.50	褐色 濁る	なし	0.49
9月19日	—	25.4	7.33	淡褐色 濁る	なし	0.53
11月19日	15.1	19.3	7.32	淡褐色 少々濁る	なし	0.44
1991年 1月24日	5.2	11.0	7.36	淡褐色	なし	0.40
3月19日	15.1	17.6	6.94	淡灰褐色	僅かに臭う	0.53
5月13日	18.1	20.8	7.29	淡褐色 少々濁る	下水臭少し	0.63
7月16日	24.4	23.6	7.31	無色	なし	0.38
9月11日	21.5	23.4	7.59	無色	なし	0.50
11月26日	7.3	18.0	7.15	淡褐色	僅かな下水臭	0.57
1992年 2月6日	7.0	15.6	6.95	無色	なし	0.54
千川上水起点						
1990年 5月17日	—	18.7	7.19	淡褐色	僅かな下水臭	0.35
7月17日	35.6	24.9	7.48	褐色 濁る	なし	0.60
9月19日	—	24.6	7.44	淡褐色	極僅かな下水臭	0.37
11月19日	16.0	17.6	7.36	淡褐色	なし	0.53
1991年 1月24日	6.3	7.9	7.38	淡褐色	僅かな下水臭	0.60
3月19日	16.8	15.1	6.93	淡灰褐色	僅かに臭う	0.30
5月13日	18.1	19.4	7.17	淡褐色 濁る	なし	0.36
7月16日	24.1	23.1	7.38	淡褐色(泥のため)	なし	0.33
9月11日	21.2	22.5	7.54	褐色(泥のため) 少々濁る	なし	0.43
11月26日	8.8	13.9	7.23	淡褐色	殆どなし	0.38
1992年 2月6日	7.3	11.1	7.01	無色	なし	0.36

(注) 1991年4月から、水源の多摩川上流処理場でPAC・オゾン処理が始まる

表2 玉川上水, 野火止用水, 千川上水の水質 (1990年5月~1992年2月)

単位: mg/l

調査地点	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻ -P	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N
玉川上水放流口									
1990年 5月17日	61	13	28	3.4	121	55	1.3	< 0.1	13.8
7月17日	40	7.5	29	3.1	82	51	1.6	0.2	10.6
9月19日	77	17	42	3.6	99	45	1.0	< 0.1	8.6
11月19日	55	12	35	3.6	58	32	0.8	< 0.1	9.3
1991年 1月24日	58	13	31	3.0	79	30	< 0.4	0.9	5.8
3月19日	51	12	34	3.1	47	36	< 0.4	0.5	8.8
5月16日	56	10	43	1.7	63	38	< 0.4	0.6	8.1
7月18日	68	15	29	0.8	113	60	< 0.4	4.8	10.0
9月11日	47	19	35	0.8	95	45	< 0.4	4.1	9.0
11月26日	64	16	33	0.6	113	55	< 0.4	5.0	8.0
1992年 2月6日	62	14	41	1.4	67	31	< 0.4	2.3	8.0
玉川上水岩崎橋									
1990年 5月17日	51	10	33	3.6	82	49	< 0.4	< 0.1	16.0
7月17日	50	9.4	31	3.3	49	32	< 0.7	< 0.1	9.3
9月19日	56	12	34	3.6	55	41	< 0.4	< 0.1	10.2
11月19日	72	17	38	4.5	94	49	< 0.4	< 0.1	8.6
1991年 1月24日	74	17	43	5.2	96	43	< 0.4	0.2	11.5
3月19日	59	14	40	4.1	57	42	0.8	< 0.1	14.7
5月16日	63	13	44	2.0	79	42	< 0.4	< 0.1	6.8
7月18日	60	12	34	1.0	110	42	< 0.4	1.2	10.4
9月11日	39	17	34	1.5	61	32	< 0.4	2.5	10.5
11月26日	65	23	41	2.0	73	33	< 0.4	3.4	10.4
1992年 2月6日	59	12	41	1.8	74	34	< 0.4	1.6	11.6
野火止用水万年橋									
1990年 5月17日	63	14	35	3.6	127	59	0.5	< 0.1	15.8
7月17日	49	10	35	3.8	50	45	0.6	< 0.1	7.0
9月19日	75	16	35	3.6	95	44	1.1	< 0.1	9.5
11月19日	33	7.4	28	2.4	34	22	1.6	< 0.1	6.3
1991年 1月24日	31	6.0	25	1.9	37	22	< 0.4	0.4	4.5
3月19日	70	15	44	4.7	67	51	3.5	0.4	14.5
5月16日	73	16	44	2.2	82	46	< 0.4	1.2	10.4
7月18日	55	9.3	33	0.8	95	61	< 0.4	1.6	13.4
9月11日	57	13	41	1.7	82	35	< 0.4	1.0	7.8
11月26日	75	15	36	0.9	69	37	< 0.4	1.9	8.0
1992年 2月6日	62	13	41	1.5	101	36	< 0.4	0.6	8.2
千川上水起点									
1990年 5月17日	55	11	35	3.8	105	54	1.1	< 0.1	14.9
7月17日	53	10	34	4.3	55	35	0.7	< 0.1	7.9
9月19日	65	13	35	3.6	69	43	0.8	< 0.1	9.7
11月19日	62	15	34	4.0	75	38	< 0.4	< 0.1	12.2
1991年 1月24日	72	16	34	3.8	88	47	3.5	< 0.1	10.4
3月19日	61	17	38	4.0	58	40	0.8	0.3	14.0
5月16日	54	12	46	1.1	62	39	< 0.4	1.9	8.7
7月18日	56	11	34	0.9	63	39	< 0.4	0.7	10.5
9月11日	42	8.5	34	9.3	95	53	< 0.4	0.9	9.8
11月26日	64	23	35	1.1	69	35	< 0.4	7.2	10.9
1992年 2月6日	55	13	39	1.1	65	31	< 0.4	2.1	11.1

表 3-1 玉川上水の肉眼的底生動物 (イトミミズ, ユスリカを除く) 数字: 個体数 / 25×25cm

調査地点, 調査日	玉川上水放流口				玉川上水岩崎橋													
	'90	'91	'92		'90	'91	'92											
種名	5	7	9	11	1	3	5	7	9	11	2	月						
昆虫																		
コカゲロウ (<i>Baetis</i> spp.)									137	169	58	111	1	130	199	46	221	311
センブリ (<i>Stalis</i> sp.)													1					
コガタシマトビケラ (<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>)	15	752	301		1				56	74	168	118	168	46	280	272	66	8
ヒメトビケラ (<i>Hydroptilidae</i> sp.)																		1
ガガンボ (<i>Tipuliidae</i> spp.)										1								2
ホシチョウバエ (<i>Psychoda alternata</i>)																	4	1
アユ (<i>Simuliidae</i> sp.)											2							
ナガラアブ (<i>Athericidae</i> sp.)									1	5	1						4	1
その他																		8
ミズムシ (<i>Asellus hilgendorffii</i>)	3	4	1	3	8	46	109	75										10
カワコザラガイ (<i>Pettancylus nipponica</i>)						1	1	2	2									8
サカマキガイ (<i>Physa fontinalis</i>)	1		3		2	2	2											7
モノアラガイ (<i>Lymnaeidae</i> sp.)								1										
巻貝 (不明)																		
ヒル (<i>Hirudinea</i> spp.)	2	1	1	3	2	1	18	10	2									1

表 3-2 野火止用水, 千川上水の肉眼的底生動物 (イトミミズ, ヌスリカを除く) 数字: 個体数/25×25cm²

調査地点, 調査日	野火止用水万年橋						千川上水起点																	
	'90		'91		'92		'90		'91		'92													
種名	5	7	9	11	1	3	5	7	9	11	1	3	5	7	9	11	2月							
昆虫																								
コガロウ (<i>Baetis</i> spp.)	2	2	2		5	2	9	6	2					12	1	1	1							
コガシマトビケラ (<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>)	2	38	33	103	55	3	29	66	7					14	1	3	19	15	2	2	17			
ヒメトビケラ (<i>Hydroptilidae</i> sp.)							42	3								1					3	3		
トビケラの1種											1													
ホシチヨウバエ (<i>Psychoda alternata</i>)										1														
ナガレアブ (<i>Athericidae</i> sp.)																							2	
その他																								
ミズムシ (<i>Asellus hilgendorffii</i>)														1	1								1	
アメリカザリガニ (<i>Procambarus clarkii</i>)																								1
カワコザラガイ (<i>Pettancylus nipponica</i>)																								1
サカキガイ (<i>Physa fontinalis</i>)	5	1	11	2	15	3	1	2						12	1	1	47	21	1	3	1	13	1	
ドブシジミ (<i>Sphaeriidae</i> sp.)					2																			2
ヒル (<i>Hirudinea</i> spp.)																								1

4地点とも貧弱な底生動物相であった。今回の底生動物相は、若林^{1,3)}の調査結果、川原⁸⁾ら、安野⁹⁾らの報文と比べても大きな違いはみられなかった。各施策(①安定した生息環境をつくるため河床に石礫を入れる、②水質改善のためPAC・オゾン処理を行う、③殺虫剤散布をやめる)を行っても、底生動物相はほとんど変化しなかったように思える。

河岸、河床を安定させた千川起点の底生動物相は、他の地点と比べてあまり差がなかった。PAC・オゾン処理(1991年4月以降)を行っても、各地点の底生動物相は大きな変化をみせなかった。また、殺虫剤(昆虫成長阻害剤)散布停止後(1991年3月以降)、散布されていた3地点で種数、個体数が大幅に増えることもなかった。予想に反して底生動物相の変化があまりみられなかったのは、下記の理由が考えられる。

- ①水路の水は下水処理水由来で(図1)、流入する自然河川がなく、様々の種の供給源に乏しい。
- ②調査が1992年2月までと観察期間が短い。
- ③河床形態が単純なため(淵や瀬がなく、水草もみられない)、多様な種の生息に適さない。
- ④水路に多数生息しているコイが底生動物を盛んに食べ、底生動物群集を常に単純なものにしてしまう。

水路の環境を大きく変えないと、そこにすむ底生動物相は直ぐには豊かにならないように思われる。

イ ユスリカ

ユスリカ幼虫個体数の変動を図3に示した。玉川放流口ではPAC・オゾン処理前に *Gyptotendipes tokunagai* が優占したが、処理後は急激に減少した。他のユスリカもみられなくなった。*G. tokunagai* は玉川放流口や野火止水放流口で優占し、それより下流になると減少した。また、この種は下水処理場の第二沈殿池以降に生息し、砂ろ過でも取りきれず、3水路へ処理水を送る導管内にも多数みられた(図2)。しかし、PACを注入すると、砂ろ過装置内の *G. tokunagai* が凝集し、容易に除去できるようになった。処理場からの供給源が無くなったため(この種は処理場、導管内が主な生息地^{1,3,10)})、*G. tokunagai* の個体数が減少したのであろう。ただ、他のユスリカの減少の原因については不明で、今後検討していきたい。

他の3地点は玉川放流口のような個体数の減少はみら

れず、逆に増加する傾向がみられた。殺虫剤散布を停止したためかもしれない。1985~88年の万年橋では、セスジユスリカ (*Chironomus yoshimatsui*) が優占したが、今回の調査では、少数採集されるのみであった。底質が石礫である岩崎橋、千川起点でユスリカ亜科に比べユスリカ亜科の個体が多く、普通の河川の一般的傾向を示した。今後、ユスリカの種組成を明らかにして1984~88年の調査結果と比較する予定である。

(3) 附着藻類のクロロフィル量

PAC処理後の、玉川放流口の附着藻類のクロロフィル量を図4に示した。日照が遮られないA地点のクロロフィルaは、樹影により遮られるB地点に比べ多かった。B地点でも木々が葉を落とした冬季(1992年2月)にはクロロフィル量が増した。

A地点のクロロフィルaは199~503mg/m²で、1987年7月、'88年3月の同所の値(それぞれ123~210, 725~1080mg/m²)と大きな違いはなかった。PAC処理を行っても、藻類の繁殖を抑えるほど、りんを除去していないことがわかった。しかし、藻類の種類でみると、PAC・オゾン処理前後で変化がおきているらしい。野火止水用水において、アンモニア態窒素の減少(1987年6月以降)が藻類群集の多様性を高めたように、りんの減少が藻類群集に影響を及ぼしているかもしれない。

5 おわりに

以上述べたように、3水路の肉眼的底生動物相は依然として貧弱であった。現在、我々はこれらの水路を、様々な生物が定着、生息できるような多自然型河川に改変しようとしている。千川上水路内にコイの入らない場所をつくり(ホタルとコイは共存できないといわれる)、水草を移植して多様な水辺環境を創造しようとしている。

千川上水等における清流復活事業は、下水処理水による水路の復活(第一段階)、水質の改善(第二段階)を経て、多様な生物群集の定着という第三段階に入ったといえよう。

本調査に当たり、様々なご助言を賜った多摩川上流処理場水質管理係の皆様様に深謝いたします。

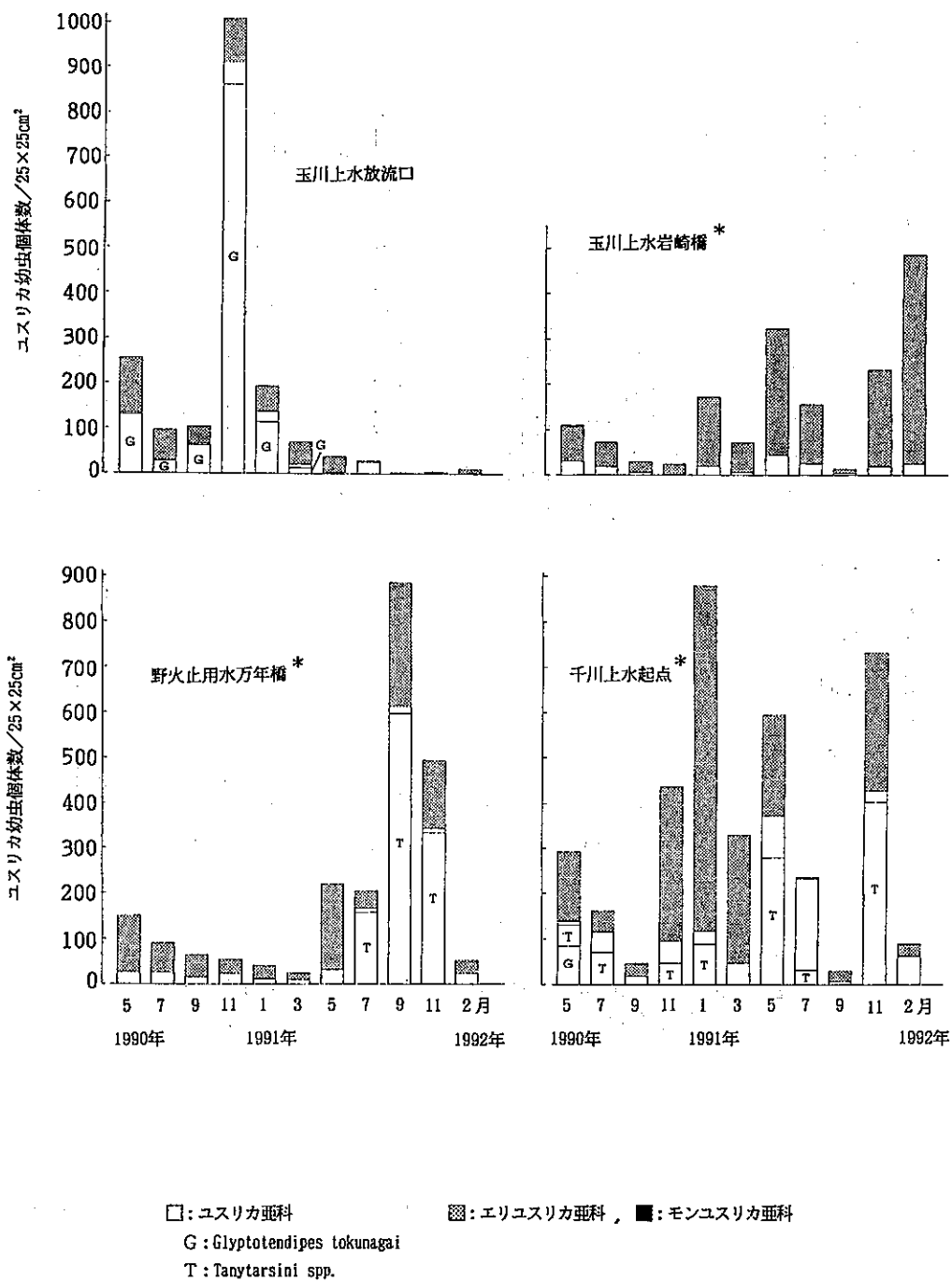


図3 玉川上水、野火止用水、千川上水におけるユスリカ幼虫個体数の変動
 1991年4月から水源の多摩川上流(下水)処理場でPAC・オゾン処理が始まる
 * : 1991年2月まで昆虫成長阻害剤をほぼ月1回の割合で散布

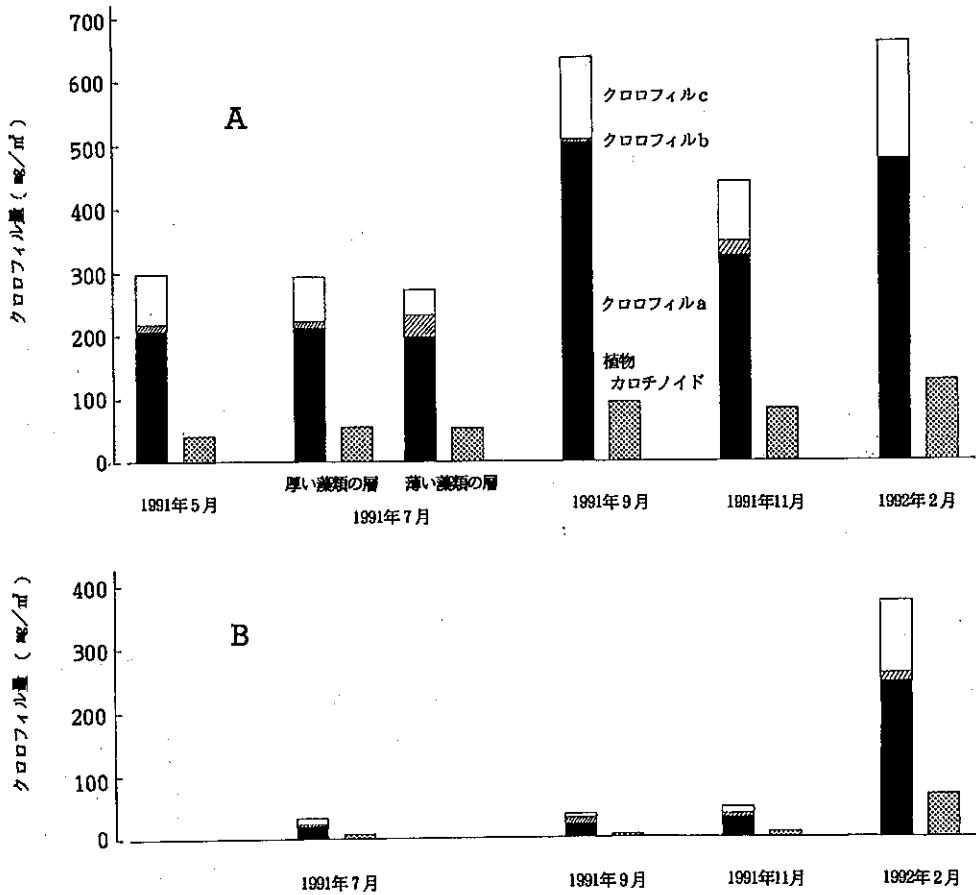


図4 玉川上水放流口の石礫上の付着藻類のクロロフィル量

A: 放流口直下 (日照が遮られない地点)

B: A地点から約100m下流 (春から秋にかけて樹影により日照が遮られる。底生動物採集地点)

参考文献

- 1) 若林明子ら: 清流の復活に関する研究 (その3) 野火止用水の水生生物, 東京都環境科学研究所年報 1987, p.134-139.
- 2) 若林明子ら: 清流の復活に関する研究 (その8) 野火止用水の水生生物Ⅱ, 東京都環境科学研究所年報 1989, p.156-159.
- 3) 若林明子ら: 清流の復活に関する研究 (その9) 玉川上水の水生生物, 東京都環境科学研究所年報 1989, p.160-162.
- 4) 大野正彦: 下水処理水を水源とする2河川 (野火止用水, 玉川上水) で発生するユスリカ類, 東京衛研年報, 39, p.251-254 (1988).
- 5) 大野正彦ら: 野火止用水, 玉川上水に生息するユス

- リカ幼虫, 東京都環境科学研究所年報1991-2, p. 259-264.
- 6) 川原浩ら: 小水路維持用水としての下水処理水の利用 野火止用水の付着藻類と底生小動物, 水質汚濁研究, 11, p. 231-239 (1988).
- 7) 豊泉久ら: PAC・オゾンによる清流復活用水の水質向上施設, 下水道協会誌, 29 (341), p. 51-57 (1992).
- 8) 西条八束: 陸水学実験報シリーズ1, クロロフィルの測定法, 陸水学雑誌, 36, 103-109 (1975).
- 9) 安野正之ら: 都市圏における水の再利用システム 親水性と生物生態, 都市圏における水の再利用システム 昭和63年度研究成果報告書, p. 84-97 (1989).
- 10) 菊池三穂子ら: 水処理センター及びセンター周辺のユスリカ生息実態調査, 第2回ユスリカ研究集会講演要旨, (1991).
- 11) 多摩川上流処理場: 私信.
- 12) 大野正彦: 東京都内におけるユスリカの生態Ⅳ. 多摩川河川敷で採集されたユスリカ成虫, その流程分布, 季節的消長について, 東京都環境科学研究所年報 1991-2, p. 246-258.
- 13) 紺野良子ら: 清流の復活に関する研究(その10) 玉川上水の河床付着性微生物, 東京都環境科学研究所年報 1989, p. 163-166.
- 14) 福嶋悟: 私信.
- 15) 福嶋悟ら: 水質の回復が河川藻類群集に及ぼす影響, 横浜市環境科学研究所報, 16, p. 23-36 (1992).
- 16) リバーフロント整備センター編: まちと水辺に豊かな自然をⅡ, 多自然型川づくりを考える, 山海堂, (1992).