

多摩川人工わんどの変遷と生息環境の 評価および保全に関する研究

1999年

玉井 信行

東京大学大学院工学系研究科教授

目 次

1. はじめに	1
1-1 目 的	1
1-2 方 法	1
1-3 研究組織	1
2. 上河原地区人工わんどの概要	2
2-1 わんどについて	2
2-2 上河原地区人工わんど	2
3. 物 理 計 測	4
3-1 形 状	4
3-2 水 温	7
3-3 流速分布	8
4. 水質・底質の化学分析	13
4-1 わんど内の水質・底質調査	13
4-2 水質通年観測	20
4-3 堆積物分析	26
5. 魚 類 調 査	30
6. ま と め	37
参 考 文 献	38

1. はじめに

1-1 目 的

多摩川中流部、調布市上河原地区に平成4年から5年にかけて人工わんどが造成された。このわんどは多様な生態系を創出することを目的としてつくられたが、徐々に状態が悪化しつつある。

わんどは伏流水によって保たれ、本川からの流入は年に数度の出水時しかない。わんど内の流れがほとんどないこともあって、ヘドロが数m堆積し、夏季には貧酸素化や富栄養化が顕著となっている。また比高変化により水際植生帯も遷移しており、魚類をはじめとした水域生態系に影響を及ぼしている。造成後約5年経過して、このわんどがどのような状態になっているか、そして豊かな水辺環境を保全するためには人為的な維持管理が必要なのか、といったことを明らかにするのが本研究の目的である。

1-2 方 法

まず、造成後5年たったわんどの状態を調査する。わんどの形状、流速、水温といった物理的状況を調べるとともに、魚類相や水質といった水環境特性も調査する。季節的な変動を把握するために年数回の現地調査を実施し、水生生物にとってわんどがどのような役割を果しているのか明らかにする。水質を規定する要因として底質に着目し、分析を行う。わんど内の流速を測るにあたっては、伏流水の状況を調べるために3次的に詳しく計測する。

1-3 研究組織

玉井 信行	総括、水界生態系の分析、人工わんど指針の作成
河原 能久	水理・水文観測、物理過程の把握、数値解析（平成9年度）
黄 光偉	地形遷移過程の把握と数値解析
松崎 浩憲	魚類・植生調査、水界生態系の分析（平成9年度）
白川 直樹	魚類・水質調査（平成10年度）
生方 悠	水質観測、室内実験、化学過程の把握

2. 上河原地区人工わんどの概要

2-1 わんどについて

わんどは河川地形の一形態で、本来は蛇行部の短絡化や二次流路の変形など自然の作用で形成されるものである。治水上の理由から埋め立てられることが多かったが、近年環境機能が見直されて積極的に価値を評価されるようになってきた。わんどは本川とは異なる流況をもち、多様な自然環境を生物に供給する。流速が小さいため格好の休息場所となるほか、水辺植生がカバーをつくりだし、落下昆虫などの形で餌の供給元となる。水制を設置するなどの手段で人工的にわんどを作り出すこともでき、多自然型の河川整備の一手法として用いられている。

2-2 上河原地区人工わんど

上河原地区につくられた人工わんどの位置を図-1に示す。このわんどは、幅約40m、延長約200mと大規模である。この付近には、ギンブナ、ウグイ、モツゴ、オイカワ、コイ、ヨシノボリなどの魚類が生息しており、それらの産卵場所や避難場所となりうる。また法面には、オギ、ヨシ、タチヤナギなどを移植した。

この人工わんどは旧来多数の湧水わんどがあった地点につくられており、「復元型」わんどといえる⁽¹⁾。伏流水が存在するため本流から水が流れてこずともわんど内の水は豊かに保たれる。伏流水を水源としていることから水質も良好であると期待され、生物生息場として良い条件がそろっている。また、洪水時には上流端から本流の水が越流してくるため、ほどよい自然擾乱が作用する。この擾乱は、陸化を防ぎ、堆積物を掃流し、富栄養化を防ぐ意味をもつ。このような「洗掘誘導型」の特徴⁽¹⁾は生物の観点からはきわめて有利であるが、わんど内の微地形を変化させ、将来予測や維持管理を難しくしている。

最近では漁協によってフナがときどき放流され、釣り人も多く訪れている。



わんど

図一 上河原地区人工わんどの位置

3. 物理計測

3-1 形状

1994年7月26日と1996年7月26日の二回、人工わんど下流広拡部において物理計測を行った。測定項目は表-1のとおりである。なお、1994年の観測は本助成研究とは別個に実施したものである。

表-1 人工わんど内の計測項目

計測項目	第一回観測 (1994. 7. 26)	第二回観測 (1996. 7. 26)
形状測量	○	○
水温分布	4地点の鉛直方向分布	8地点の平均値
流速分布	8地点の鉛直3点 (3次元電磁流速計)	3地点の鉛直1点 (2次元電磁流速計) 8地点の鉛直12点 (ADCP)
流量調査	×	○
潜水調査	×	○

調査地点の基準として、また、人工わんどの形状測定のために簡易測量を実施した。人工わんどでの湧水量を知るために人工わんどの出口に堰を設置して流量測定を行った(写真-1)。第一回目の観測では人工わんど内全体での流速分布測定を行い、第二回目の観測では湧水が最も多い付近で、重点的に測定を行った(写真-2)。潜水調査は湧水ポイント、透明度、底質の状態、魚類の生息状況の視認のために行った(写真-3)。図-2に各観測項目の調査地点を示す。



写真-1 流量測定

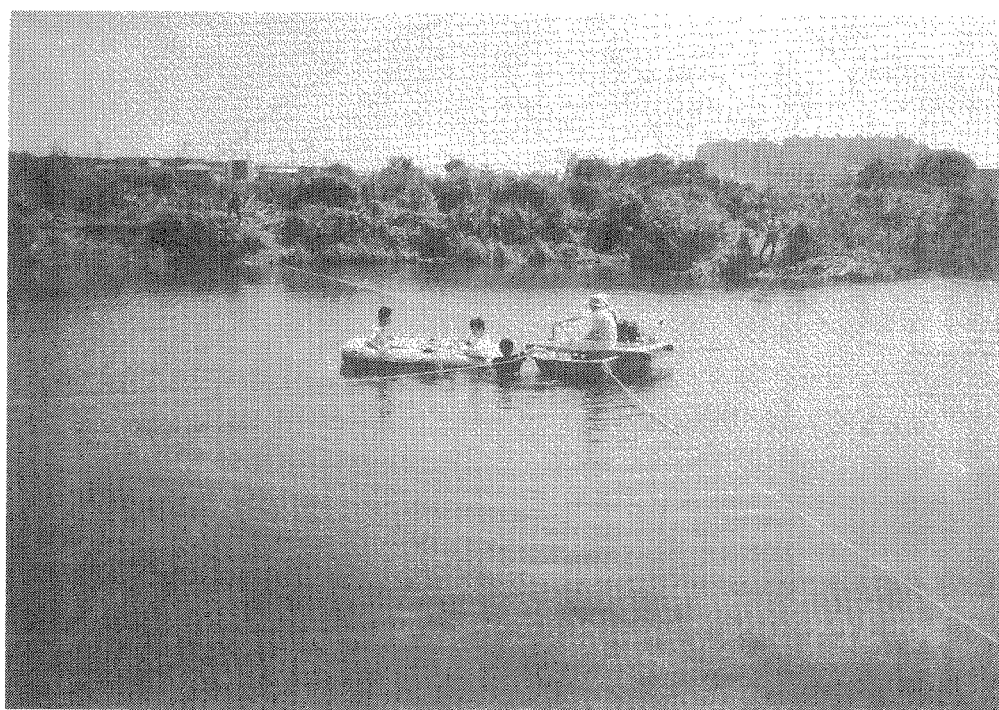
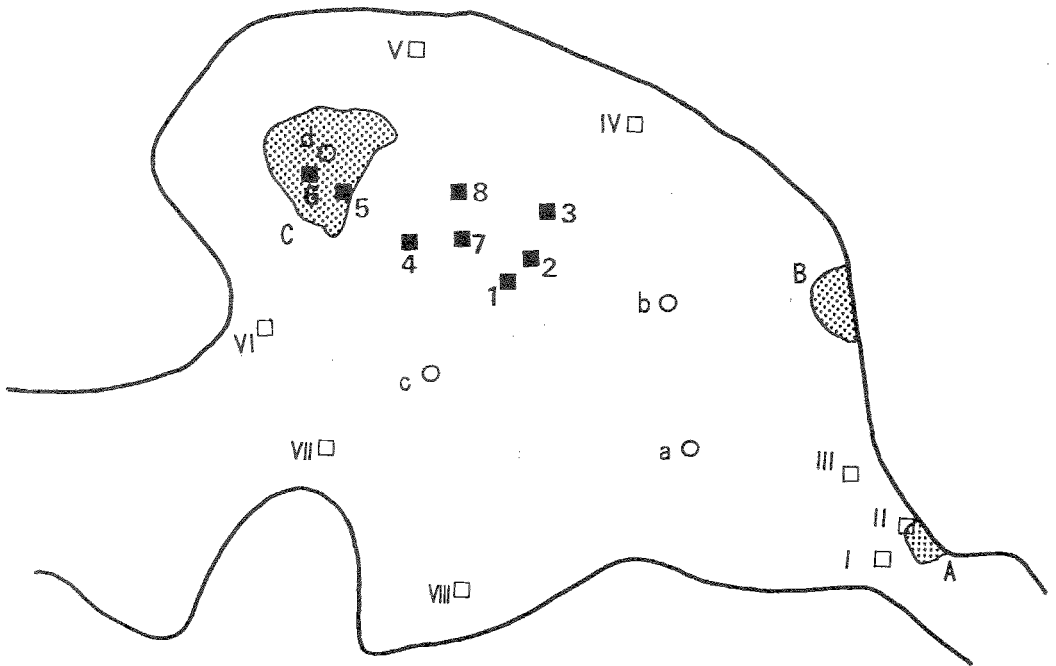


写真-2 ADCPによる流速分布測定



写真-3 潜水調査



○ : 水温 (1994) □ : 電磁流速計 (1994) ■ : ADCP (1996)

図-2 観測地点位置図

人工わんどの形状と水深を図-3に描いた。造成時に比べて広拓部中央の水深はかなり浅くなっている。2年間で1.5m堆積が進んだことになる。堆積物はどろどろしたヘドロであり、枯死した植物や釣り人の撒き餌と推測される。このような堆積物に水底が覆われた結果、伏流水の湧き出し点は特定できず、水底の広い範囲からしみだしていることがわかった。

3-2 水 温

第1回の観測で計測した水温の水深方向の分布を図-4に示す。水面から60cmほど下がると水温は一定値に達し、表面よりは3℃ほど低い。わんど内では地点による差はみられない。

第2回観測では各地点の平均水温を測定したが、これも地点による差はほとんどみられなかった。湧水地点では水温に差があるかと思ったが、堆積物のために湧水地点がぼやけたと考えられる。

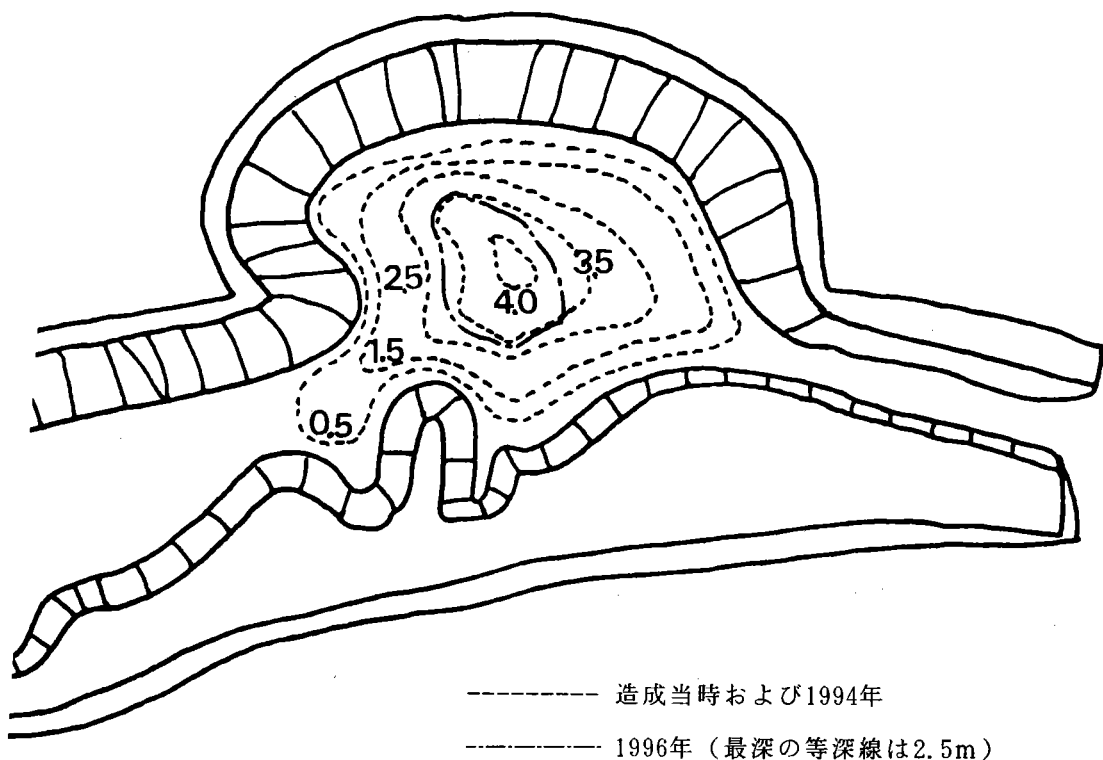


図-3 人工わんどの水深

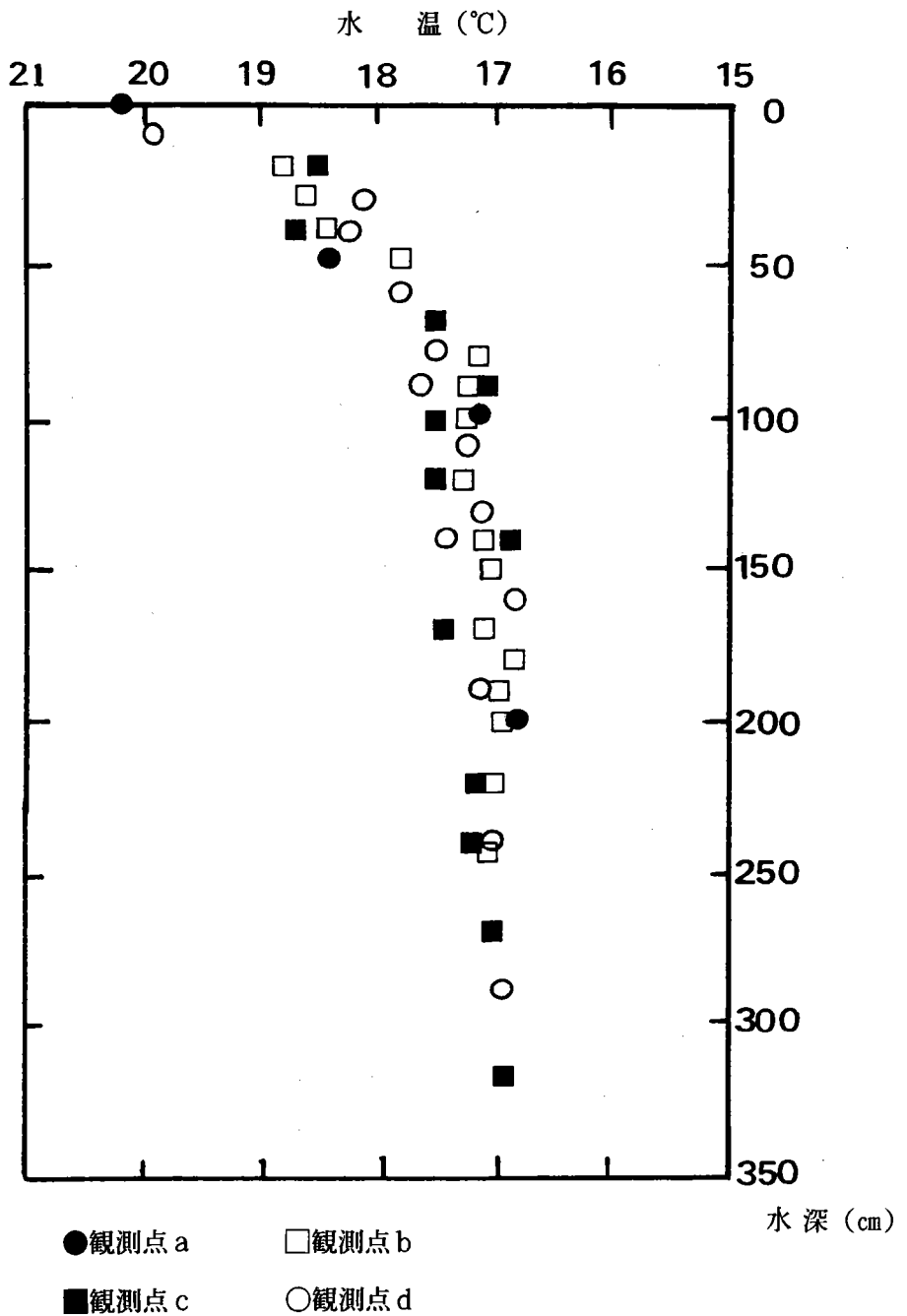


図-4 水温の水深方向の分布

3-3 流速分布

第一回目の流速測定では3次元電磁流速計を用い、水深の20、40、80%地点（底面

から)でそれぞれ600個のデータを取得した。岸よりの浅い地点でしか測っていないが、図-5に示すような平面的な流速分布が得られた。

第二回目の流速測定は湧水領域に的をしぼり、ADCPを用いて行った。地点数は8、鉛直方向には25cm層厚の最大12層とり、表-2に示すようなデータを取得した。計測結果を側面から見たのが図-6(観測地点は図-2参照)で、鉛直プロファイルを表している。上方に向かう顕著な流れ成分(湧水)は認められない。計測結果を上から見たのが図-7で、ここでは流速5~10cm/s程度で湧水領域から周辺に向かう流れが確認できる。3次的に鳥瞰したのが図-8である。上層下層の水温差による顕著な流れは確認できない。

ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler:音響ドップラー流速分布計)は大気の気流計測用として普及していたドップラーレーダーの技術を応用して、1970年代後半に実用化された機器である。これまで、海岸・海洋あるいは大水深の湖沼でしか計測ができなかったが、装置の小型化とセンサーの進歩により水深3m程度のところでも計測可能となった。ADCPには主に以下のような特徴がある:1)従来型の流速計と異なり、ADCPは1台で3次元流速成分が鉛直方向5cm層厚で最大128層まで同時計測が可能である。2)ADCPを船舶で曳航しながら計測を行えば、従来の観測機器では考えられない数のデータが精度良く、短時間で計測可能である。ただし、水面より吊して測定する場合、地盤の反射を受ける最底層の測定精度は不安定であるため、電磁流速計で補わなければならない。

人工わんど出口付近では、時間的な変動があるものの7,000cm³/s程度の流量が測定された。観測時には本川からの越流はなかったため、これが人工わんど内の湧水量とみなすことができる。

表-2 ADCPによる観測データの概要

観測点	取得データ数	観測層数	計測時刻	平均水温(°C)
1	47	8	9:51-9:56	19.6
2	60	12	10:13-10:27	19.7
3	53	12	10:27-10:33	19.5
4	45	11	11:05-11:10	20.1
5	58	6	11:14-11:21	19.9
6	76	5	11:24-11:32	20.1
7	37	6	11:48-11:53	20.5
8	21	5	13:23-12:25	21.0

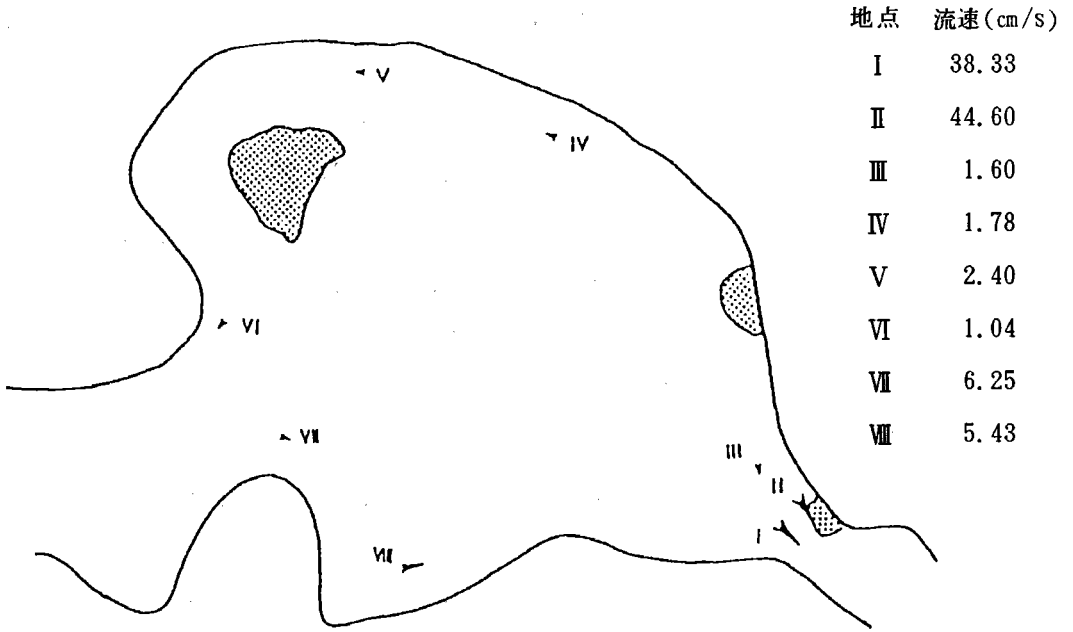


図-5 流速の平面分布

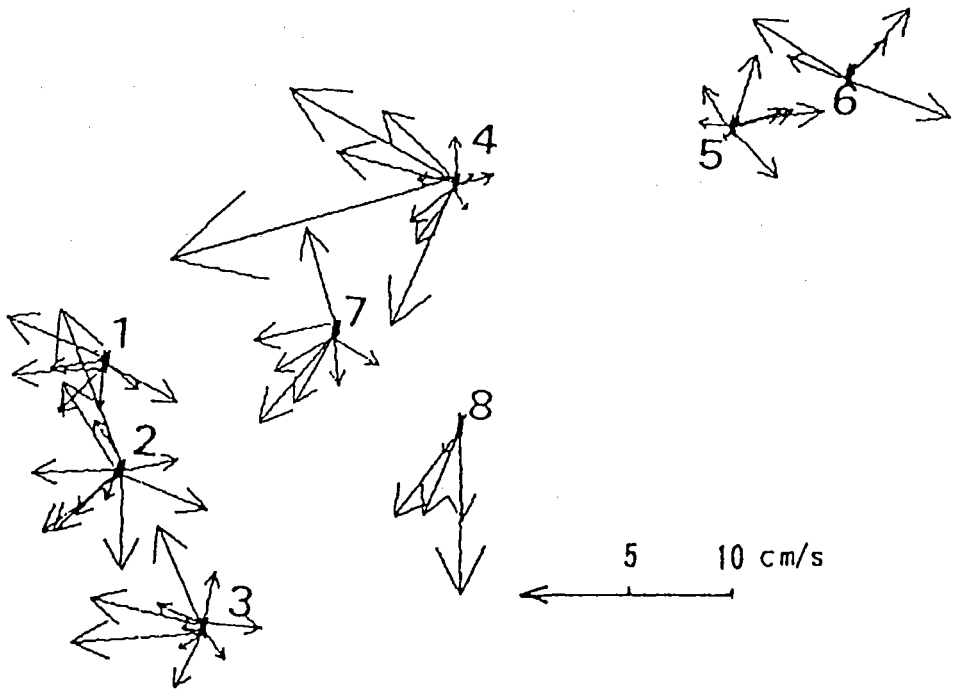


図-7 ADCPによる流速の平面分布
(7層の重ね合わせ)

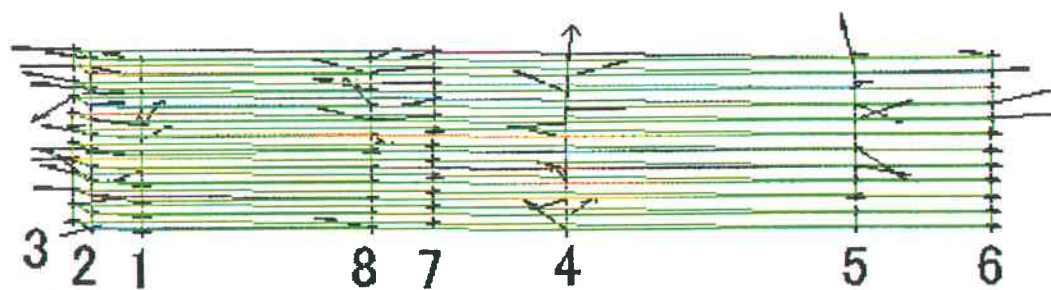


図-6 ADCPによる流速分布
(岸側の側面からみたところ)

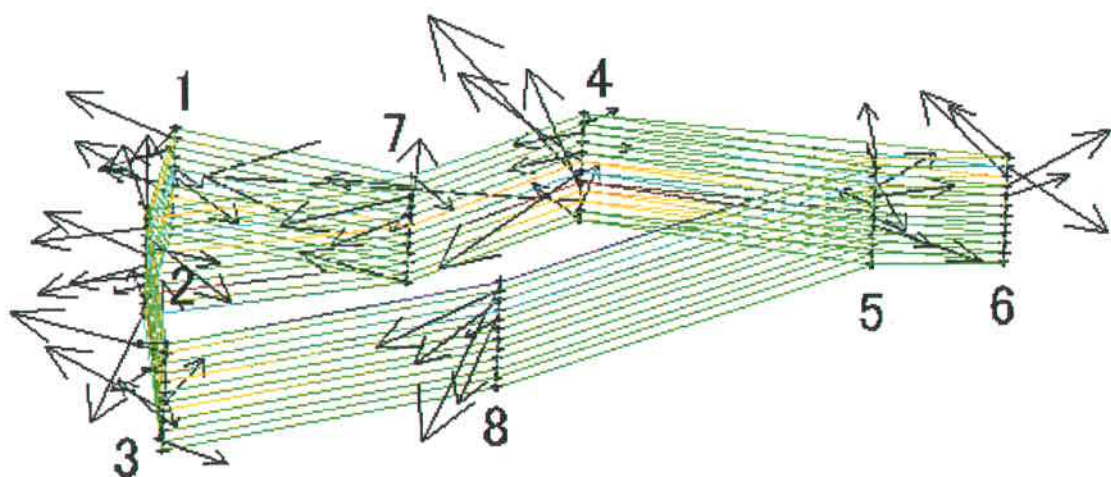


図-8 ADCPによる流速分布
(岸側からの鳥瞰)

4. 水質・底質の化学分析

4-1 わんど内の水質・底質調査

わんどの水質および底質の化学分析を3回行った。1997年11月、1998年5月および同年8月である。水と底質を採取し、化学分析は銚鈴木理化商会に委託した。

観測地点は図-9に示す5点である。わんど広拡部に2点（上側B点、中央C点）、狭窄部を介してつながっている上流側の湛水域（「上わんど」と呼ぶ）に1点（A点）、広拡部からの出口に1点（D点）、本流に1点（E点）である。ABCの3点では水面から2mほどの深さで採水し、DEの2点は表層の水をとった。分析項目は、水質はCOD、総窒素、総リン、リン酸態リン、無機物炭素量、クロロフィルaであり、底質は水分、強熱減量、総窒素、総リン、CODである。表-3に結果を示す。なお、1997年11月の調査では本流の水質は調べなかった。

各項目を、場所別、時期別に棒グラフにしたのが図-10である。

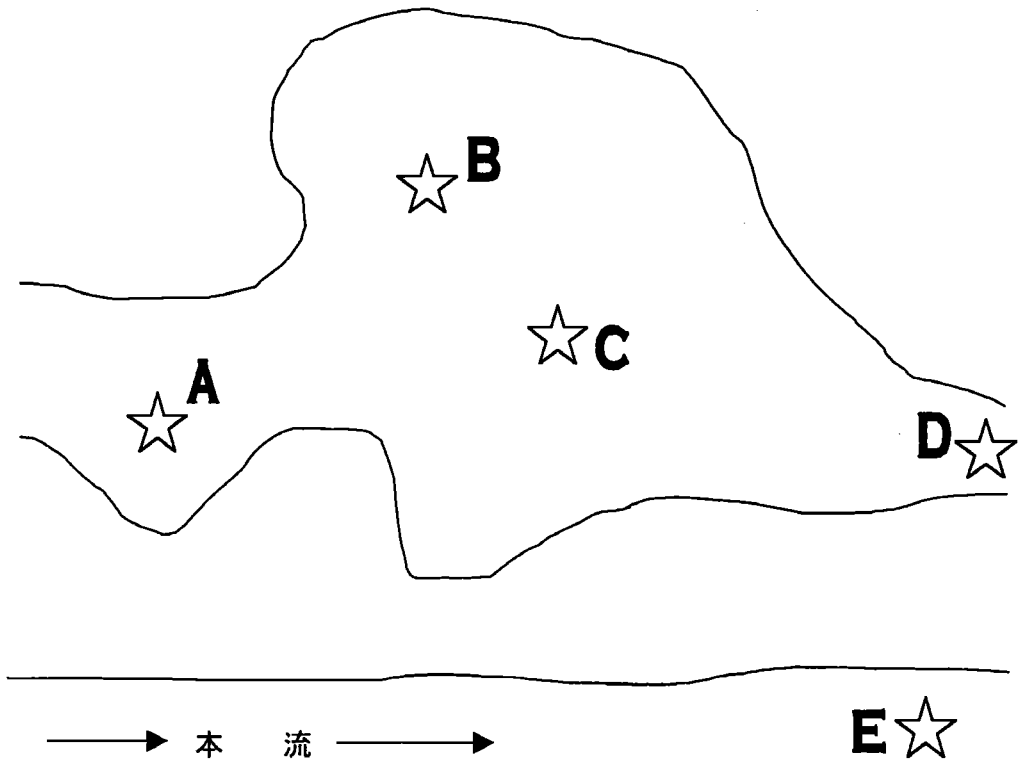


図-9 水質調査地点

表-3 水質分析の結果

1997年11月

1997.11	項目		A	B	C	D
水 質	COD	(mg/l)	1.24	0.86	0.69	1.82
	BOD	(mg/l)	0.01	0.04	0.04	0.22
	T-N	(mg/l)	3.77	3.80	3.98	3.87
	T-P	(mg/l)	0.058	0.054	0.040	0.054
	PO ₄ -P	(mg/l)	0.037	0.038	0.032	0.044
	IC	(mg/l)	18.38	19.74	20.08	19.54
	Chl-a	(μ g/l)	1.1	1.9	1.1	2.1
底 質	水分	(%)	55.6	62.9	74.4	16.8
	IL	(%)	9.7	10.0	18.3	1.7
	T-N	(mg/g)	3.10	4.43	7.98	0.22
	T-P	(mg/g)	1.158	1.916	2.855	0.241
	COD	(mg/g)	30.44	27.67	59.42	2.63

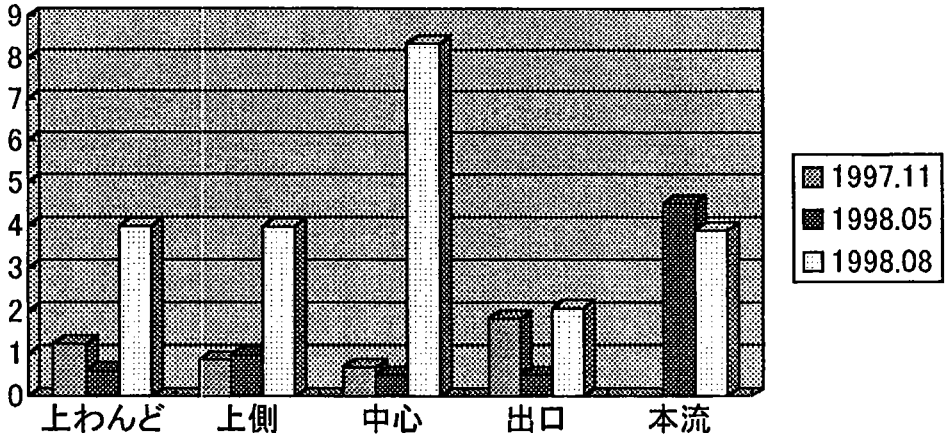
1998年5月

1998.05	項目		A	B	C	D	E
水 質	COD	(mg/l)	0.60	0.98	<0.50	<0.50	4.53
	T-N	(mg/l)	4.25	4.62	4.57	4.41	6.07
	T-P	(mg/l)	0.056	0.074	0.051	0.046	0.653
	PO ₄ -P	(mg/l)	0.044	0.055	0.051	0.045	0.620
	IC	(mg/l)	19.32	19.96	19.78	19.89	11.68
	Chl-a	(μ g/l)	2.9	2.4	1.8	1.0	4.4
底 質	水分	(%)	31.0	69.9	63.8	17.1	28.9
	IL	(%)	4.3	14.8	13.6	1.8	5.6
	T-N	(mg/g)	1.18	6.18	4.64	0.48	1.40
	T-P	(mg/g)	0.524	2.619	1.985	0.179	0.876
	COD	(mg/g)	10.06	50.01	43.86	4.05	10.59

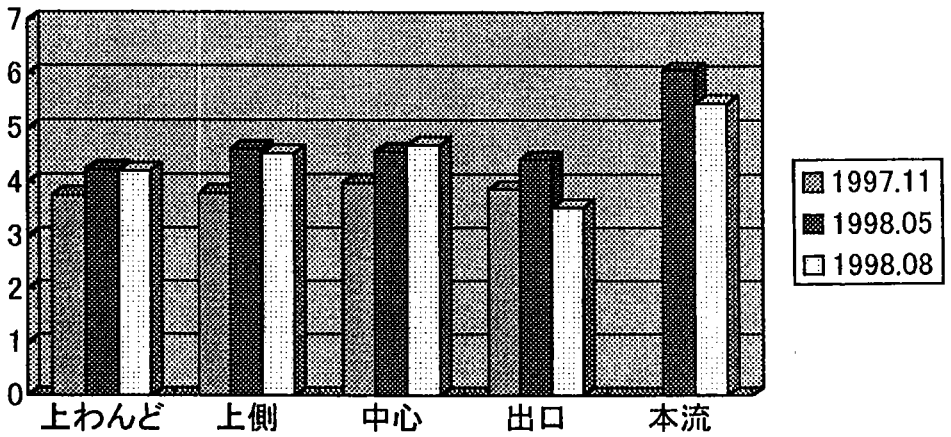
1998年8月

1998.08	項目		A	B	C	D	E
水 質	COD	(mg/l)	3.99	3.97	8.35	2.06	3.88
	T-N	(mg/l)	4.21	4.53	4.69	3.54	5.46
	T-P	(mg/l)	0.142	0.113	0.302	0.034	0.446
	PO ₄ -P	(mg/l)	0.104	0.064	0.142	0.031	0.404
	IC	(mg/l)	25.54	20.11	21.07	19.82	13.42
	Chl-a	(μ g/l)	32.5	25.3	40.3	2.0	7.6
底 質	水分	(%)	53.8	48.9	66.7	9.2	12.4
	IL	(%)	9.1	8.5	12.4	1.5	1.5
	T-N	(mg/g)	2.76	2.61	4.58	0.34	0.25
	T-P	(mg/g)	1.295	1.259	2.366	0.311	0.313
	COD	(mg/g)	32.3	27.1	53.5	3.9	1.7

COD



T-N



T-P

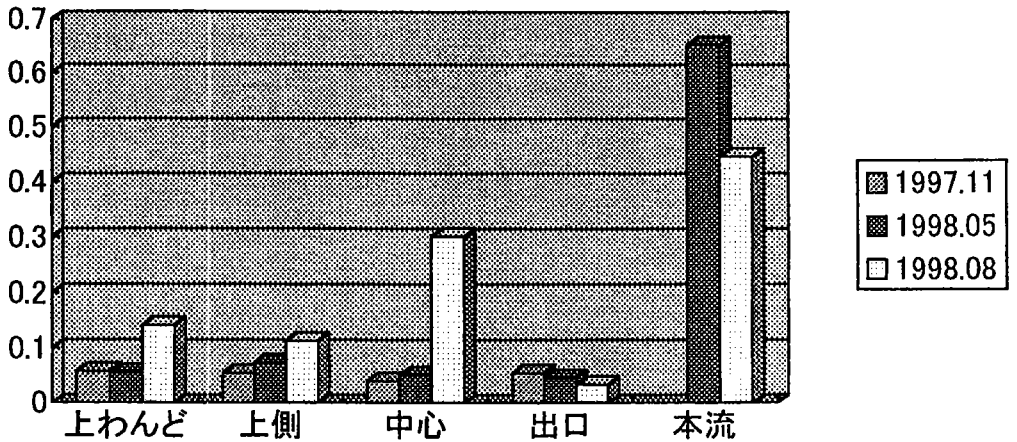
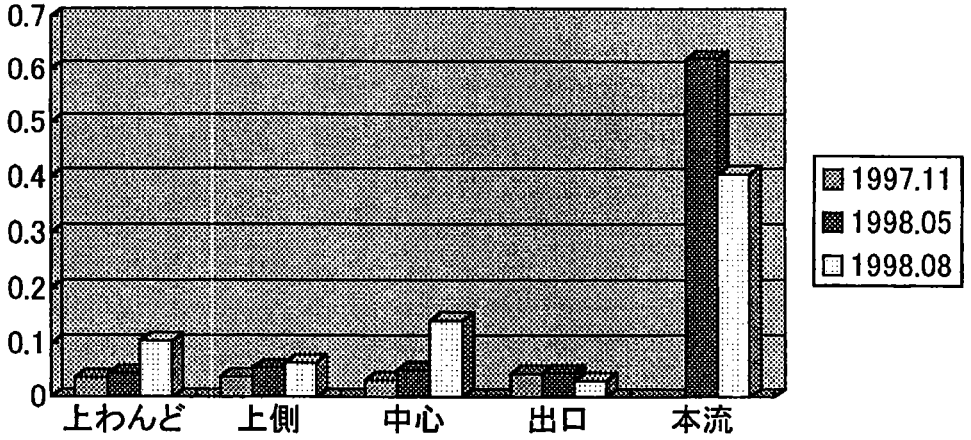
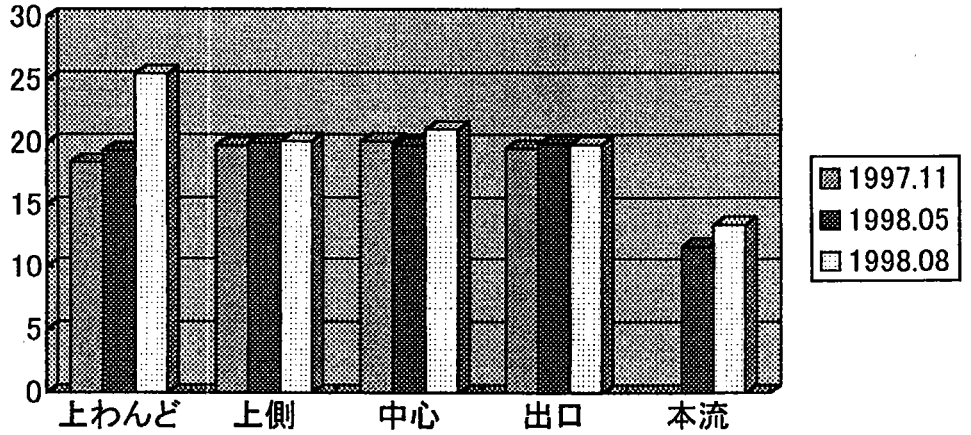


図-10 a 水質観測結果 (COD、T-N、T-P)

PO4-P



IC



Chl-a

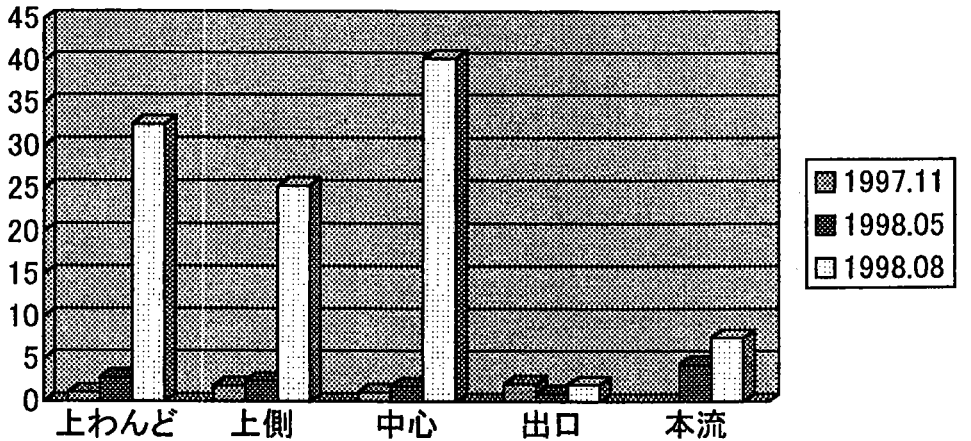
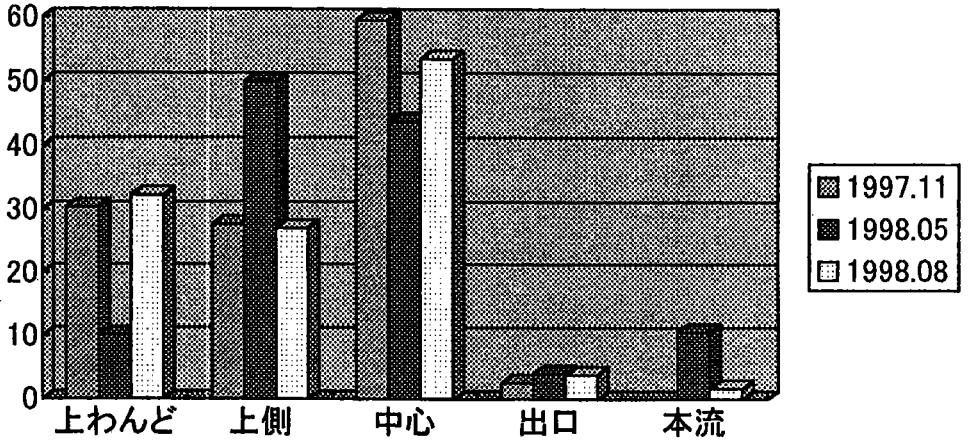


図-10b 水質観測結果 (PO4-P、IC、Chl-a)

COD
(底質)



IL
(底質)

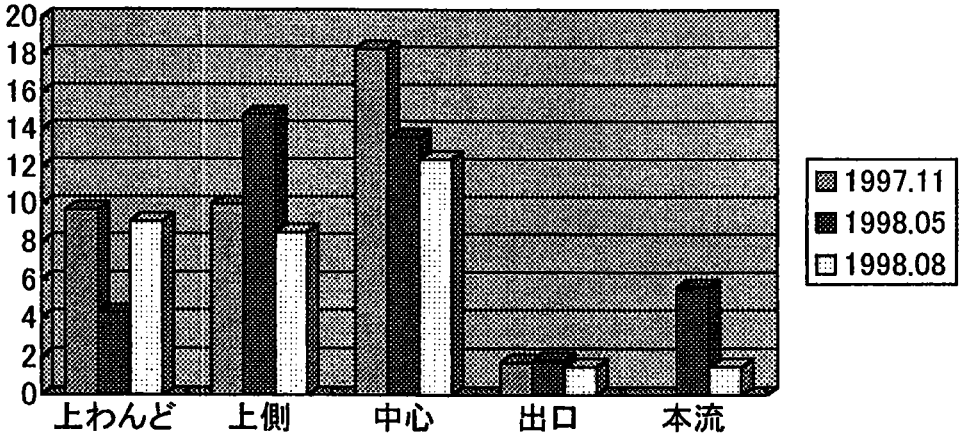
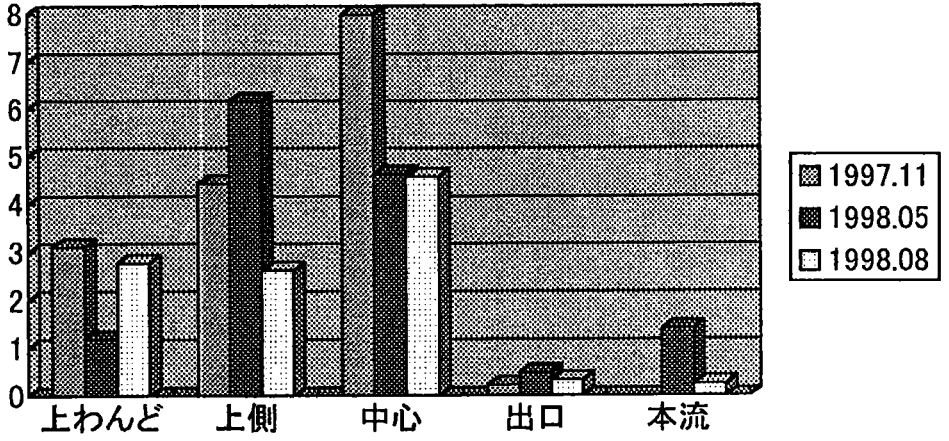


図-10c 底質の観測結果 (COD、IL)

T-N
(底質)



T-P
(底質)

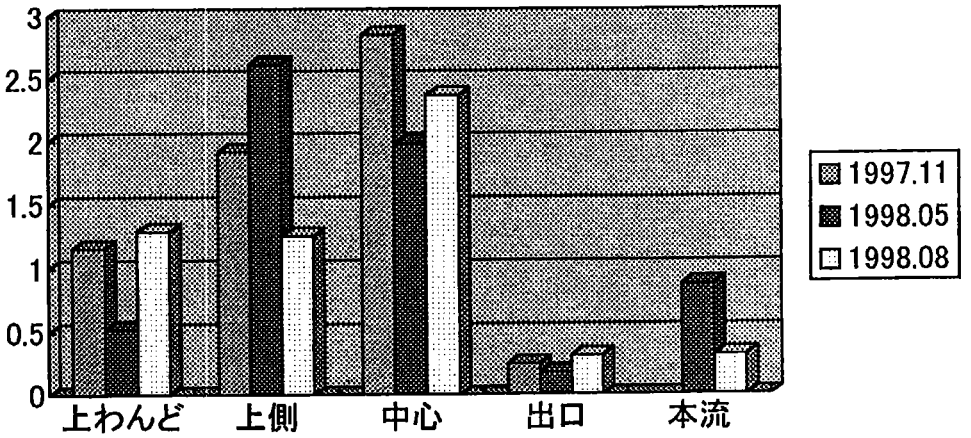


図-10 d 底質の観測結果 (T-N、T-P)

まず水質をみると、わんど内の水が本流の水と全く異なる性質をもっていることがわかる。ことにCODやリンで顕著である。これは、わんどが湧水により保たれているためである。また、1998年8月のデータは、COD：Chl-a、リンなどの項目でやや異なる値がでていいる。これは季節的な特徴のほか、出水の影響も受けている。

CODは環境庁の「水質汚濁に係る環境基準」でAA類型になる1mg/l以下をほぼ満たしているが、1998年8月はこれを大幅に逸脱している。わんど中心の8.35mg/lという値はC類型の基準値をも上回る。また「水産用水基準」（日本水産資源保護協会）では湖沼での自然繁殖の条件を4mg/l以下（アユなどは2mg/l以下）としており、わんどではおおむねこの条件を満たしていることがわかる。本流と比較するとわんど内はかなりきれいである。

それに対し、窒素やリンについてはかなり悪い状況にある。総窒素は4mg/l前後の値で推移しており、これは非常に高い値である。総リンは0.05mg/lほどで、N/P比は80となり、富栄養化はリン制限となっている。本流との関係では、総窒素は本流よりやや低い値を示し、総リンは圧倒的に低い値を示している。リン酸態リンも同様である。

クロロフィルaは1998年8月にきわめて高い値を示したが、これは季節的な特徴と思われる。

底質をみると本流との差がきわだっている。このデータから判断するに、わんど水中の窒素やリンの高濃度は底質が原因である。これは、底質のコントロールがわんど内の水質保全の鍵になることを示している。底質は有機物が堆積して腐敗した成分で、わんど内の植物（藻類）や釣り人の餌がたまってできたと推測される。

1998年8月は出水を何度か経たあとの調査であった。5月にはあちこちで繁茂していたわんど内のオオフサモがなくなっていた。CODが高くなっているのは本川からの出水によってわんど内の水が入れ替わったためだろう。対して窒素やリンはもともと底泥からの溶出の寄与分が大きかったため、出水にもさほど左右されなかった。

わんど出口の水質は、わんど内の水質にくらべそれほど大きな差異がみられない。4-2ではこの出口地点で通年測定した水質分析の結果を示す。4-3ではわんど内の水質に大きく影響を及ぼしている底質分析の結果を示す。

4-2 水質通年観測

(1) 調査地点・項目・方法

1997年11月から1999年4月までの1年半、月に一回の割合で水質調査を実施した。調査地点は、わんど出口に相当する地点Dと、対照として多摩川ニヶ領上河原堰の堰越流水の2カ所である。

調査項目は、5日間酸素消費量（BOD）、浮遊物質（SS）、総有機態炭素量（TOC）および無機態炭素量（IC）、水温の5項目である。いずれの測定方法も下水試験方法による。BODの測定においてはアリルチオ尿素を添加しており、アンモニアの酸化に要する酸素量は測定されないようにしてある。従って、炭水化物や蛋白質中の炭素の酸化に要する酸素量を測定しており、通称CBODと定義されているものである。浮遊物質の測定には濾紙（Whatman GF/F）法を採用した。BODを測定するときの溶存酸素の測定には、DOメーター（ワイセスアイ、モデル-5000）を、またTOCおよびICの測定には、TOC計（島津TOC-5000）を使用した。

(2) 調査期間中の主な出来事

1997年11月から1998年5月迄の間は、多摩川本流およびわんどの近辺において特に記述するような出来事は生じていない。

地球温暖化の傾向が影響しているのか1998年は台風の発生数が異常に少なかった。しかしながら梅雨の頃から数回、本州の東南を通過し、関東地方に多量の雨を降らせた。そのためか1998年6月以降の多摩川流域での異常な降雨と、11月以降はまた少雨となる現象も見られた。この間の調査した日における出来事と、その間に生じた特徴を記述しておく。

5月15日、魚類調査後の採水および分析。

6月03日、河川水量が多く、堰の転倒ゲートが作動したため、多量の水が放流され、堰の下流部の水位が上昇し、わんどに河川水が逆流していた。

7月01日、この間雨多し。上流部で豪雨があったようで、わんどが冠水した跡があった。わんど上部の草地にゴミが多量に残っていた。

8月10日、この間に冠水の様子あり。川側の土手の蔓草が殆ど枯れていた。わんど上流部から河川水が進入したようで、水草（オオフサモ）が半分ほど流される。

- 9月06日、8月27～30日の台風4号のため大洪水、二ヶ領上河原堰付近では堤防下まで増水の跡あり。わんど内では地下水の湧出量が異常に多い。
- 10月12日、この間長雨。護岸ブロックが移動する程の出水があった。水草（オオフサモ）が泥でおおわれる。わんど底部は、小石であった所が泥（細砂）で埋まっており、胴長を着て歩くと、足元が埋まる。
- 11月16日、水位低下始まる（中央で2 m程）。底部からの湧水量は極めて少量となる。
- 12月07日、この間異常少雨が続く。ヘラブナを多量に放流した。
- 1月04日、水質が悪化し始めた。ゴミが浮き、湧水ほとんど見られない。正月休暇中のためか、釣り人の数多し。
- 2月03日、湧水ほとんどないままである。小雪が舞う。
- 3月03日、2月中は記録的な少雨となる。
- 3月31日、3月中は雨がよく降った。雨の中の採水。

(3) 調査結果

〈BOD濃度〉

わんど水の平均的なBOD濃度は0.5mg/l程度であり、非常に低濃度であった。河川水が流入した場合のみ河川水のBOD濃度を示した。11月以降においては地下水湧水量が低下しており、また12月にヘラブナを放流したことが重なったためか、12月以降にはわんど内の水質は急速に悪化し、BOD濃度は3月には6 mg/lもの量となった。3月中は降雨が続き、水質は元の値に改善された（図-11）。

〈浮遊物質濃度〉

わんど内の浮遊物質濃度は、通常期には2 mg/l以下であり、湧水量の多い7～9月には1 mg/lと少なかった。河川水が流入した場合には河川水のそれと同程度であった。湧水量の少ない期間で、ヘラブナを放流した12月以降においては、浮遊物質濃度は異常に増加し、その濃度は河川水のそれより高くなっていた（図-12）。

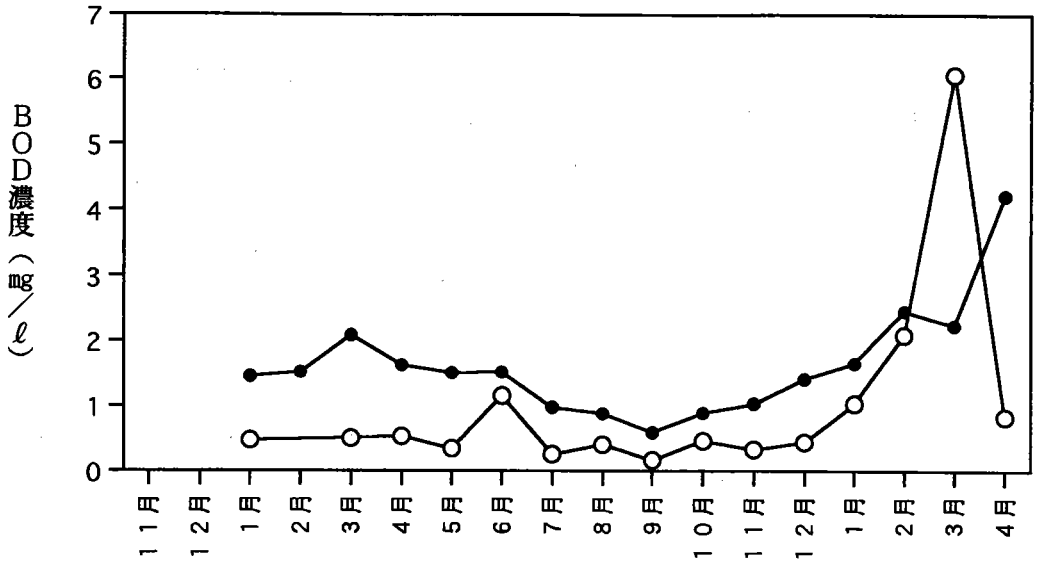


図-11 ワンドおよび河川水のBOD濃度の変化
ワンド (○)、河川 (●)

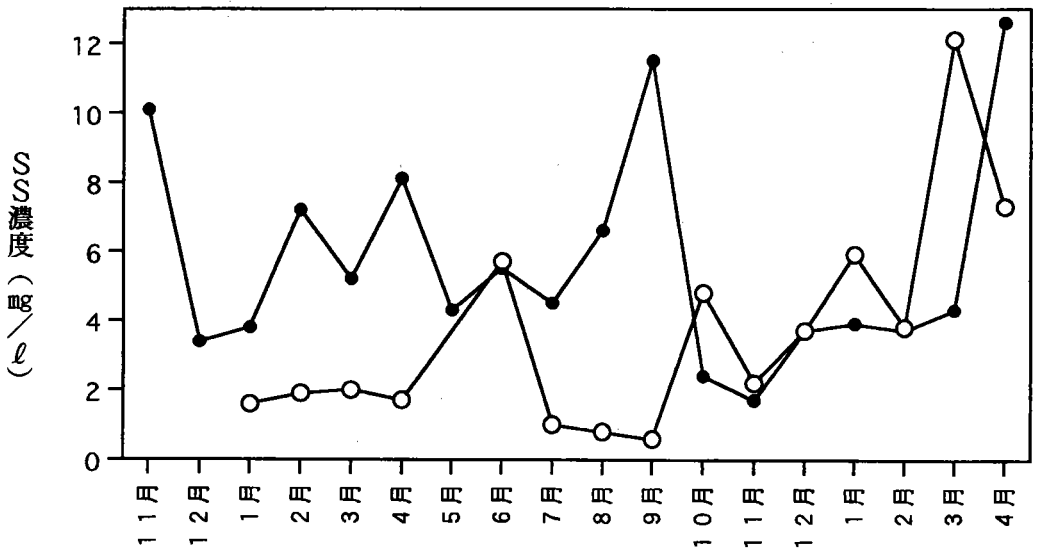


図-12 ワンドおよび河川水のSS濃度の変化
ワンド (○)、河川 (●)

〈水 温〉

多摩川河川の水温は、気温の影響を受けてか、冬期に7度程度と低く、また夏期には24度まで上昇した。これに対して、わんど内の水温は17～8度と年間を通してほぼ一定であった。12月以降、水温の低下が見られる。これは湧水量が少ないことにより、気温の影響を受けたことに拠るものであろう（図-13）。

〈有機態炭素（TOC）および無機態炭素（IC）濃度〉

わんど水の有機態炭素濃度は非常に低く、河川水のその1割程度であった。12月以降、地下水湧水量の低下に伴い、BOD濃度の増加と平行して3月まで上昇した。4月には3月中の長雨により地下水の湧出量も増加したようで、有機態炭素濃度も定常値に回復した。河川水の無機態炭素濃度は12～3 mg/lであったが、わんど水のそれは17～8 mg/lと常に高かった。9月の観測日における地下水湧出量は最大であり、無機態炭素濃度も最大値の、20mg/l以上の値を示した。ただし12月以降、地下水湧出量の減少に伴い、無機態炭素濃度の低下が見られる（図-14）。

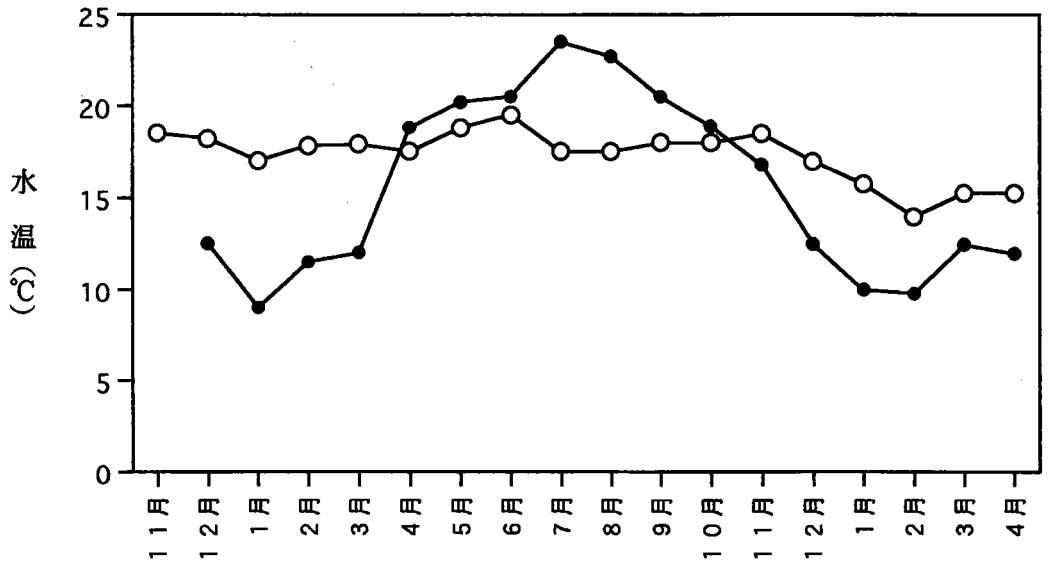


図-13 ワンドおよび河川水の水温変化
ワンド (○)、河川 (●)

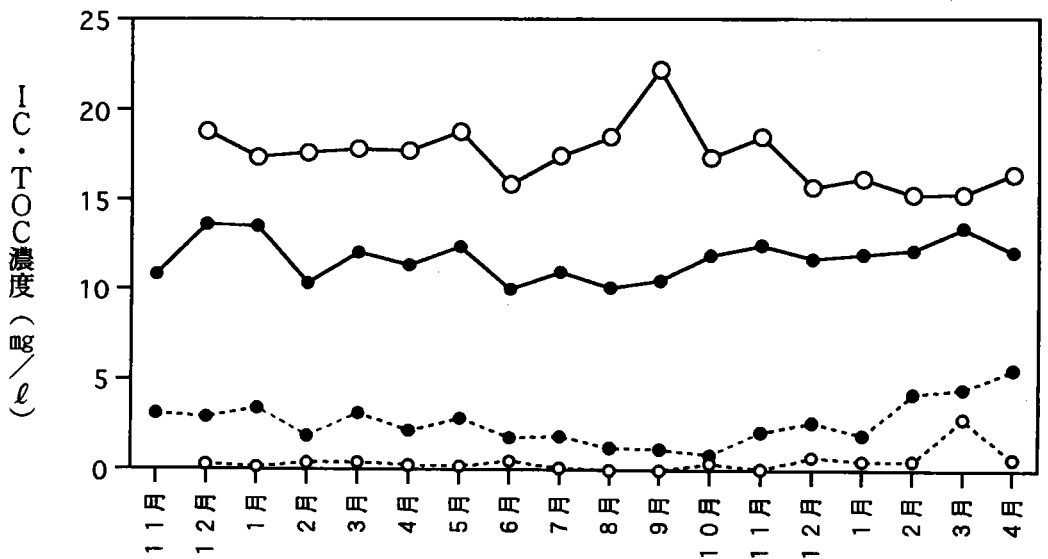


図-14 ワンドおよび河川水のIC (実線) およびTOC (破線) 濃度の変化
ワンド (○)、河川 (●)

〈地下水の無機態炭素濃度〉

わんど水における水温と無機態炭素濃度が年間を通してほぼ一定値を維持していることから、この湧出地下水はある程度の期間は地下に貯留されていることが考えられた。そこで多摩川付近から揚水している井戸水における無機態炭素濃度と河道中央からのその井戸の距離について調査した(図-15)。河道中央からの井戸の距離と無機態炭素濃度との間には、相関関係が高いことが読みとれる。この図を参考にすると、わんど内で湧出している地下水は、地下には1.5km程度以上の距離を滞留しているものと考えられる。わんどは河道中央部に近く、また二ヶ領上河原堰の下流700mに位置している。これらの無機態炭素濃度の関係から、二ヶ領上河原堰からの伏流水がわんどの湧出地下水を形成していることは考えられない。この湧出地下水はわんどの水質を維持している水であるので、この地下水が枯れることのないよう大切にしたいものである。

$$y = 6.298x + 8.227 \quad r = 0.931$$

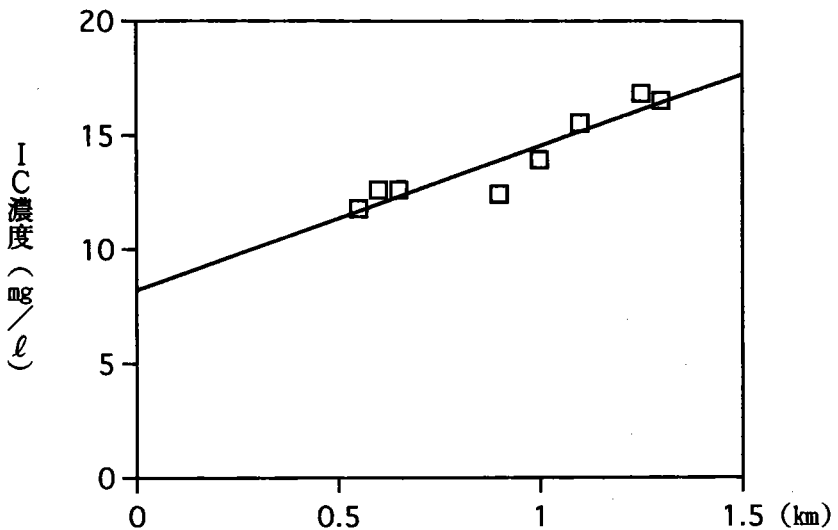


図-15 河道中央からの井戸の距離と井戸水のIC濃度

4-3 堆積物分析

1997年11月27日に採取した底質の詳細な分析を行った。

採取したのはわんど内4カ所（地点A～D）の底質と、対照として多摩川二ヶ領上河原堰の上流部に堆積している底質（「上河原堰堆積物」と呼ぶ）の5カ所である。地点AとDはわんどの周辺部に位置しており、地点Dからわんど水が流出している。他方地点のBとCはわんどのほぼ中央部にあり、その辺りに生息した水草の枯れたものや、周辺の街路樹から風に運ばれてきた枯れ葉（けやきなど）、また釣りに用いた餌など種々なものが沈殿堆積している。

調査項目は底質中の強熱減量（有機物含有量）と炭素および窒素の含有量である。強熱減量（有機物含有量）の測定方法は下水試験方法（日本下水道協会）による。即ち乾燥試料を電気炉で600度1時間加熱し、その時の質量の減少量で評価した。炭素および窒素量の測定には元素分析計（Fisons、NC S-2500）を使用した。キャリアーガスにはヘリウムを用い、毎分120mlを流した。試料の燃焼には純酸素ガスを用い1800度にまで昇温させ、炭酸ガスは直接、また酸化窒素は還元後窒素ガスとして、ガスクロマト法にて定量する。標準物質には分析用スルファニルアミドを使用した。

まず各底質の粒径分布を表-4に示す。地点Aでは平均径5mm程度の砂利を主体としていた。また地点Dでは、10cm程度の礫と1cm程度の砂利が混在していた。他方本川上河原堰堆積物は75～150ミクロンの細砂が大部分を占めていた。わんど中央部の地点Bでは大部分は75ミクロン以下のシルトないしデトリタスの成分である。なお地点Cは水草の沈殿物や街路樹の葉が多量に混じていたので粒度分布は測定していないが、地点Bと同じ様な有機物の多いシルトないしデトリタスの成分である。同じ沈殿堆積物を多く含むわんど内の地点（BとC）と本川の上河原堰堆積物では、底質の粒径が異なっており、両者の生成過程は全く異なるものと考えられる。粒度累積曲線をまとめて図-16に示す。図-16中でFと書いてあるのは上河原堰堆積物である。

表-4 わんど内および本川底質の粒径分布

A地点の底質の粒径分布

フルイ径 (mm)	重量 (g)	累積重量 (g)	累積%
~0.3	5.3	5.3	2.4
0.3	47.5	52.9	23.6
1.2	59.7	112.5	50.1
4.75	200.3	212.8	94.8
19	11.6	224.4	100.0

B地点の底質の粒径分布

フルイ径 (mm)	重量 (g)	累積重量 (g)	累積%
~0.075	28.7	28.7	63.4
0.075	4.9	33.7	74.4
0.15	4.3	38.0	83.8
0.3	3.0	41.0	90.5
0.6	4.3	45.3	100.0

D地点の底質の粒径分布

フルイ径 (mm)	重量 (g)	累積重量 (g)	累積%
~0.3	5.8	5.9	0.6
0.3	18.2	24.1	2.5
1.2	51.3	75.4	7.7
4.75	240.6	316.0	32.2
19	86.0	402.0	41.0
38.5	148.3	550.3	56.1
77	430.5	980.8	100.0

多摩川本川（上河原堰堆積物）の底質の粒径分布

フルイ径 (mm)	重量 (g)	累積重量 (g)	累積%
~0.075	7.0	7.0	15.7
0.075	24.4	31.4	70.7
0.15	12.3	43.6	98.3
0.3	6.8	44.4	100.0
0.6	0.0	44.4	100.0

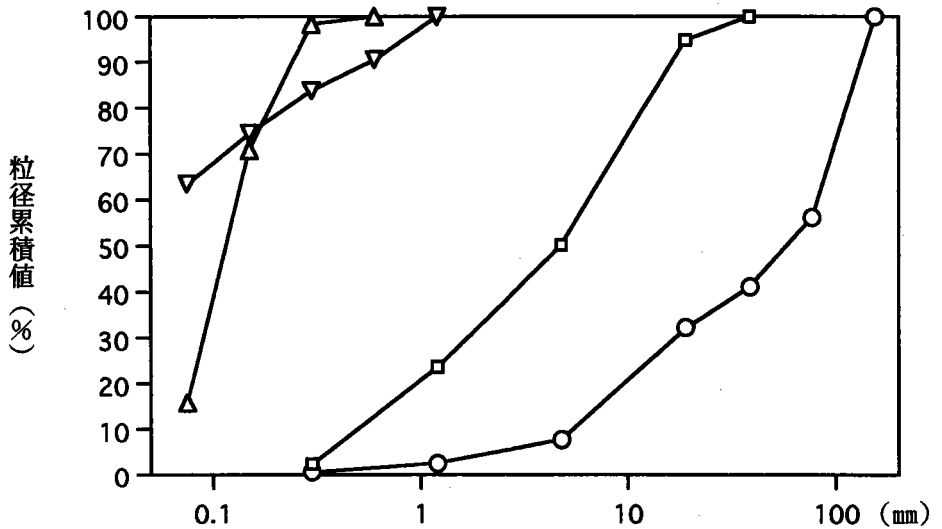


図-16 各地点における底質の粒径累積曲線
A (□)、B (▽)、D (○)、F (△)

つづいて底質の有機物含有量の分析結果である。

底質中の有機物含有量の高いと思われるわんど内の地点 (BとC) および上河原堰堆積物における強熱減量 (有機物含有率) と、また底質中の炭素および窒素量とそれらの炭素/窒素の元素比を表-5 に示す。地点Bにおいては、各フルイ (篩い) のサイズを通過する大きさを強熱減量 (有機物含有量) などを調べてみたが、それらにはあまり差が出なかった。地点Cでは大きな夾雑物 (水草など) の影響があり、フルイ目の大きさにより、有機物含有量と元素比に差が出ていた。また上河原地点でも、水に浮かせると細かい浮遊物が出てきており、測定結果にはばらつきが見られた。そこでほぼ同一のフルイ目の通過する底質について考察すると、上河原堰堆積物では強熱減量が6%程度であり、わんど内の地点 (BとC) におけるそれは12%以上であった。従って、上河原堰堆積物における強熱減量の割合は、地点 (BとC) のその半分程度である。

底質中の炭素量に対する窒素量の比は、測定したすべての地点で大きな相違はなく、その比は10程度であった。炭素含有量に対する強熱減量の割合は、地点 (BとC) においては35%程度であったが、上河原堰堆積物では12%と低い値が得られた。強熱減量も有機物量を示す1つの指標であるが、わんど内のデトリタス成分と比較すると、

上河原堰内の地点Fの底質における炭素量で測定される有機物量は3分の1程度の値となっていた。この測定結果からもわんど内の地点（BとC）と上河原堰堆積物はその生成の由来が異なることがわかる。

表－5 底質中の有機物含有量

	灰 分 (%)	強熱減量 (%)	炭 素 (%)	窒 素 (%)	炭素／窒素 の 比
試料B全体	89.0	11.0	4.25	0.43	9.8
試料B 0.6mm未満の底質	87.9	12.1	4.23	0.44	9.8
試料B 0.3mm未満の底質	87.1	12.9	4.62	0.52	8.9
試料B 0.075mm未満の底質	87.1	13.0	4.39	0.42	10.6
試料C全体	81.6	18.4	7.51	0.59	12.8
試料C 0.6mm未満の底質	85.9	14.1	5.18	0.75	6.9
試料F(上河原地点)全体	94.1	5.9	0.69	0.066	10.4
試料F(上河原地点)上澄	83.8	16.2	4.46	0.35	12.9
試料F(上河原地点)0.075mm未満の底質	91.7	8.3	3.87	0.22	12.9

5. 魚類調査

わんど内の魚類調査を（水質調査と時期を合わせて）3回行った。潜水目視によりわんど内の魚類現存量と魚種を調査し、捕獲調査をして体長などを測定した。潜水目視では魚類の生息状況を記録するほか水中カメラでの写真撮影も行った。捕獲は潜水目視の結果をみてわんど内の魚類群集を代表するようにサンプルを抽出した。この調査は日本ミクニヤ株式会社に委託した。投網やタモ網により採集し、キナルディンアルコール（魚類用麻酔）を用いて魚類の体力的負担を軽減して計測後は速やかに放流した。キナルディンアルコールは最も安全な魚類用麻酔である。

3回の調査でみられた体長別個体数を表-6にまとめる。

1997年11月の調査では、オイカワ、ゲンゴロウブナ、モツゴ、コイ、カムルチーの5種が確認された。オイカワは3~5cmの若魚を中心に数千個体のオーダーで存在し、最も数が多かった。わんど周縁部のオオフサモ群集内部に多く群れていた。また中心部の表層近くにも成魚の群れがみられた。ゲンゴロウブナは体長10~50cmの約300個体が中心部に生息していた。モツゴはオイカワの群れに混じって100個体あまり、コイは体長50cm程度の成魚が20個体ほどいた。カムルチーは体長50cmを超える成魚が1個体確認された。

1998年5月の調査では、まったく同じ5種の魚類が確認された。空間分布もほぼ同じであったが、体長と個体数には明確な違いがみられた。オイカワは全長3cm程度の幼魚が中心となっていた。ゲンゴロウブナは20弱しかおらず、10~20cmの未成魚と50cm以上の成魚にはっきり分かれた。コイは体長50cm超のものが数個体、モツゴは数cmの1個体しか確認できなかった。カムルチーは2個体確認された。

1998年8月の調査では新たにメダカが確認された。ゲンゴロウブナとみられるフナ類の幼魚が200個体以上、またモツゴの未成魚が100個体近くいた。コイが5個体、カムルチーは幼魚が1個体であった。オイカワは確認できたのは8cmの1個体のみと激減したが、同定不可能な体長2cm程度の稚魚が200個体ほどあり、これらはオイカワかゲンゴロウブナと推測される。このときは直前の出水で藻類がほとんど流され、幼魚にとっては隠れ場所のない不利な状況であった。

わんど内で目撃された魚類の位置を図-17に描いた。

表-6 体長別固体数

1997年11月28日

No	目	科	種	体長区分						合計
				~3cm	3~5cm	5~10cm	10~30cm	30~50cm	50~cm	
1	コイ	コイ	オイカワ	1,000	4,000	1,000				6,000
2			モツゴ		30	100				130
3			コイ					5	15	20
4			ゲンゴロウブナ				100	200		300
5	スズキ	タイワンドジョウ	カムルチー						1	1
合計	2	2	5	1,000	4,030	1,100	100	205	16	6,451

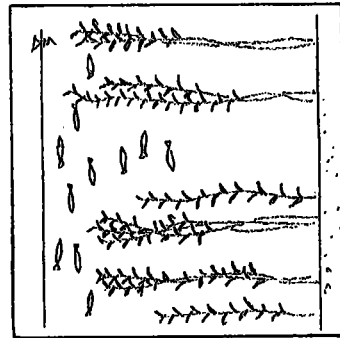
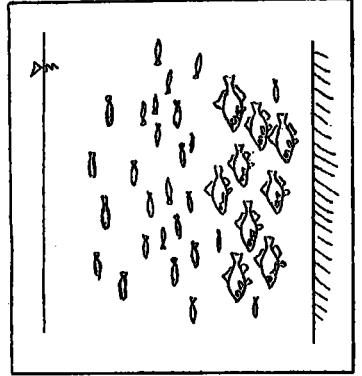
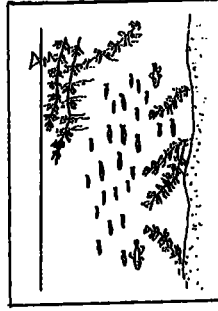
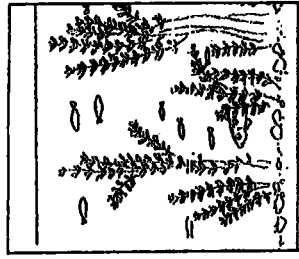
1998年5月15日

No	目	科	種	体長区分						合計
				~3cm	3~5cm	5~10cm	10~30cm	30~50cm	50~cm	
1	コイ	コイ	オイカワ	3,500	800	302				4,602
2			モツゴ		1				1	
3			コイ						6	6
4			ゲンゴロウブナ				6		13	19
5	スズキ	タイワンドジョウ	カムルチー					2	2	
合計	2	2	5	3,500	801	302	6	2	19	4,630

1998年8月25日

No	目	科	種	体長区分						合計
				~3cm	3~5cm	5~10cm	10~30cm	30~50cm	50~cm	
1	コイ	コイ	オイカワ			1				1
2			モツゴ		84					84
3			コイ					5		5
4			フナ類		200	20				220
5	ダツ	メダカ	メダカ		1				1	
6	スズキ	タイワンドジョウ	カムルチー			1			1	
			不明稚魚	190						190
合計	3	3	6	390	105	2	0	5	0	502

備考) 種名、学名および分類順などは「日本産野生生物目録 脊椎動物編」(環境庁、1993年)に従った。



オイカワ 100尾
 3 ~ 5 cm 300尾
 5 ~ 10 cm 50尾
 5 ~ 10 cm 20尾
 30 ~ 50 cm 2尾
 50 cm ~ 5尾

モツゴ
 コイ

オオアサモ群落

礫・石・シルト

オイカワ 3 ~ 5 cm 1,000尾
 5 ~ 10 cm 50尾
 3 ~ 5 cm 10尾
 5 ~ 10 cm 20尾
 コイ 50 cm ~ 2尾

モツゴ
 コイ
 オイカワ
 モツゴ

砂、礫

オイカワ
 5 ~ 10 cm 200尾

300尾
 500尾
 50尾
 10尾
 20尾
 3尾
 5尾

オイカワ
 モツゴ
 コイ

シルト (浮泥)

カムルチー 1尾

ゲンゴロウブナ 100尾
 30 ~ 50 cm 200尾
 5 ~ 10 cm 400尾
 5 ~ 10 cm 10尾

オイカワ
 モツゴ

100尾
 200尾
 50尾
 10尾
 3尾

オイカワ
 モツゴ
 コイ

図-17a わんど内の魚の分布 (1997年11月調査時)

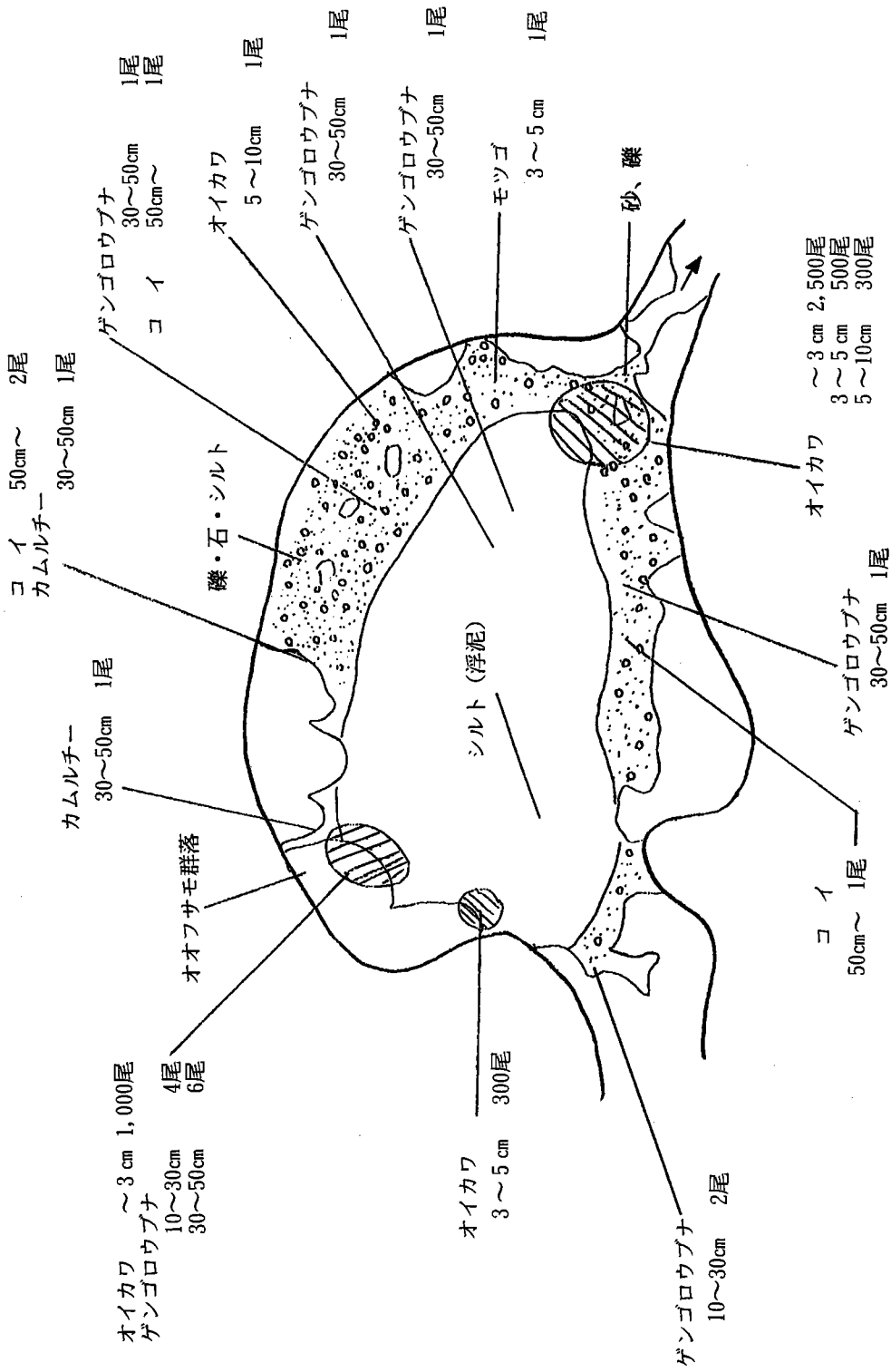
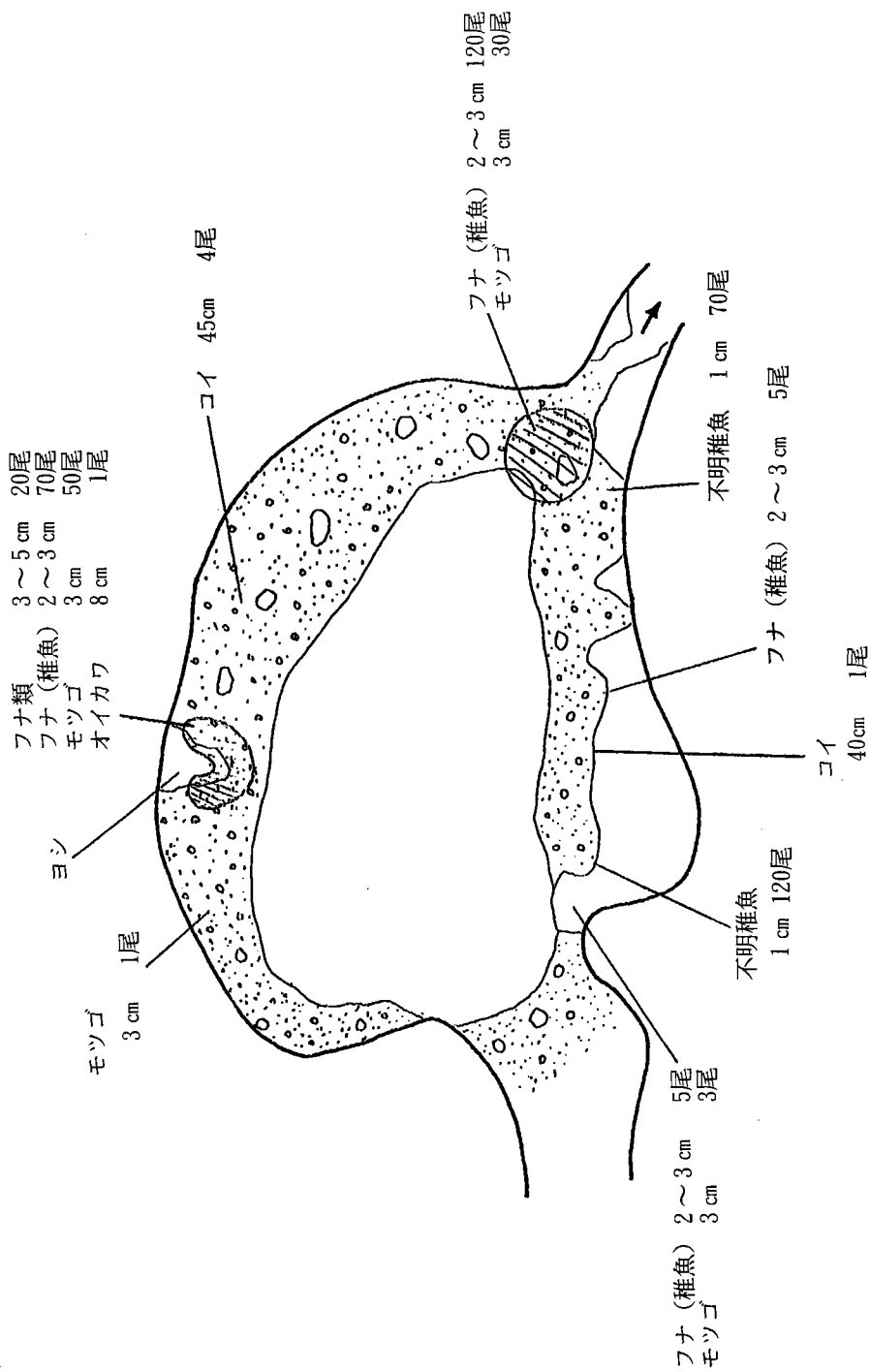


図-17b わんど内の魚の分布 (1998年5月調査時)



図一17c わんど内の魚の分布 (1998年8月調査時)

オイカワは日本全国で普通に見られる魚であるが、極めて汚濁が進んでいる水域には住めない。5～8月が産卵期で、成魚は2年で体長12cmほどになる。一般に流れのある瀬に生息し、水温の低い冬季などは流れの緩やかな淵やよどみに生息する。わんどでは秋と春に幼魚や未成魚が多数確認されており、本流からの休息場所となっているようである。夏に稚魚しかみられなかったのは、大きな個体が本流の瀬に移動したからだと考えられる。

ゲンゴロウブナはヘラブナと呼ばれて釣りの最大のターゲットとされる魚である。わんどにもヘラブナを目当てにした釣り人が常時訪れており、漁協もかなりの数を放流しているようである。ゲンゴロウブナは植物プランクトンを主食とし流れの緩やかな場所を好むため、わんどは格好の生息場所となっている。夏に幼魚と思われる個体が多数みつかったこと、産卵場所の条件をみたしていることからわんど内で繁殖している可能性もある。

モツゴは底生魚で、よどんだ泥の底質を好む。1年で5cmほどに成熟する。夏に多数確認されたが、そのサイズからみてわんど内で繁殖している可能性が高い。定性的にもわんどはモツゴに適した生息場所である。

コイは成魚のみが確認されたことから繁殖はしていないと思われる。

カムルチーは外国からの帰化種で、魚食性である。水深1m程度の水草のしげった場所に多く、水の濁った泥底部を好む。よってわんどに生息する条件は整っている。また産卵も水草などを集めた浮き巣をつくって行うため、わんどでも可能である。1年で体長25cmまで成長し、夏に幼魚がみられたことからわんど内で繁殖しているようだ。オイカワやフナ類の幼魚を食して生活していると思われる。

メダカが夏に確認されたのは特筆すべき点である。1個体なのでどこからきたのか不明であるが、もし自然に生息しているとすれば注目すべきである。メダカは温度や汚濁にも強い魚であるが、それでも水質汚濁やカダヤシとの競合により全国的に激減しつつある。水草に産卵するのでわんど内で産卵することもできる。人間が放流した可能性もあるが、今後増加してほしい種である。

3回の調査を通して、魚種の構成や個体数はほぼ安定しているようである。夏に総個体数が少なくなったのは貧酸素化が原因であろう。わんどは下流端で本流とつながっており、流れも緩やかなので魚は本流とわんどの間を行き来できる。わんど内の条件が悪くなったら本流に逃げ、休息のためにわんどに戻ってくる、といった行動をとっている

ようだ。わんどは本流と自由に行き来できることを考えると、わんどは本流の淵として使われていると推測される。水質項目では総窒素がかなり多く、魚類にとってマイナスの影響を与えている。また、わんど近くにはカワウが多数生息している。地元住民の話によると、わんどの魚の相当数がカワウに捕食されているという。

今回の調査で追いきれなかったが重要な要素と考えられるのは、漁協による放流とカワウの捕食圧である。釣り人は釣った魚をまた戻しているようなので大きな外乱要因にはなっていない。

わんどの有効性は「流水域内にある止水域」という特徴からきている。が、水制などの河道内構造物によってつくられたわんどには蛇籠などの「隙間」があり、この隙間が魚類生息にとって貴重な空間になっていた。隙間はカワウなどの捕食者から身を隠す場所となるし、隙間が増えると河床表面積が増えるため水生昆虫や付着藻類も増える。水生昆虫や付着藻類は魚類の餌になると同時に有機物の分解にも寄与する。本人工わんどは堆積が進んで水際部からなだらかに水深が浅くなる断面構造になっているが、こういった隙間がみられない。隙間をつくるためになんらかの構造物を設ければ魚類の生活場所を提供することができる。

夏季の調査時には、水中の浮遊懸濁物が多く、中心部での視界が数cmしかなかった。しかし伏流水が湧き出る場所だけは比較的透明感があった。浮遊懸濁物は光をさえぎるため植物プランクトンの光合成に影響を与えており、ひいては植物プランクトンを主食とするゲンゴロウブナの生息環境を悪化させる。ただし今回の調査では明確な因果関係は見出されていない。

堆積物の富栄養化は底層を貧酸素化しており、そのためわんど中心部の底層では魚類がまったくみられなかった。この状態は再び底質の富栄養化をすすめ悪循環をひきおこす。この悪循環を解消して生態系を維持するには夏季だけでも強制曝気を行うなどの対策が必要である。

6. まとめ

わんどは環境機能が見直されて今後良好な河川環境をかたちづくる重要な要素になっていくと考えられるが、具体的な機能については未解明なことが多い。1993年に造成された本人工わんどの水理特性や水質特性、魚類生息状況などを調査し、これからの維持管理方策について考察した。以下、それぞれの点をまとめる。

(1) 水理特性

- *湧水は顕著なポイントから湧き出しているわけではなく、広い領域からゆっくりとしみ出すような湧出をしている。
- *この湧水はゆっくりと人工わんど広拓部全体の底層に水平拡散していき、水平方向に一様な温度分布を形成している。
- *温度躍層の形成により、湧水による鉛直方向の流れ成分は微少である。
- *流速の平面分布は4ヶ所の湧水領域の効果によるものである。

(2) 地 形

- *ヘドロの堆積が促進され、造成時に最大約4mあった水深が2.5m程度まで浅くなっている。
- *この堆積物は伏流水の湧き出し口を覆い、前項で挙げた湧水地点の変化をひきおこしている。
- *上流端の越流部は高すぎると越流が起こらなくなり問題だが、1998年に何度か出水を経験したことからみても機能を十分果たしているといえる。

(3) 水質特性

- *CODやBODの値から、水源の伏流水は山水のようなきれいな水であることがわかる。
- *しかし水がわんど内に滞留している間に窒素やリンなどの栄養塩濃度が高くなり、富栄養化がすすんでいる。
- *富栄養化の原因は堆積物である。
- *堆積物の富栄養化は、枯死した植物や釣り人の撒き餌が原因と思われる。

*出水の直後は本流と同じ水質となる。

*水源の伏流水は、ニヶ領上河原堰からの伏流水ではない。

(4) 魚 類

*見つかった種は、オイカワ、モツゴ、コイ、ゲンゴロウブナ、カムルチー、メダカの6種であった。

*わんどは本川の淵として使われている。

*釣りの対象としてヘラブナが漁協の手で放流されており、釣り人が多い。放流されたヘラブナがわんど内で繁殖している可能性がある。

*メダカが見つかったのは特筆すべきだが、自然のものか人為的なものか判断がつかねる。

*カワウの捕食圧が強く、魚にとって身を隠すべきものが必要である。

*富栄養化にともない深部では貧酸素化が生じ、魚が住めなくなっている。

以上のことから、本人工わんど維持管理の提言をすると以下ようになる。

◎水源がきれいな伏流水なので、この水質を生かした環境づくりをするべきである。

◎現在水質を損なっているのは堆積物である。堆積物の質を管理すれば水質も良好に保たれる。

◎堆積物管理としては第一に浚渫が考えられるが、原因となっている植物（オオフサモなど）の刈り取りや釣り人の撒き餌の制限なども有効である。

◎本流からの出水は生態的にメリットが大きいのでこれを阻害しないようにしなければならない。上流端の比高増大に気をつける必要がある。

参 考 文 献

- (1) 君塚芳輝：多摩川中流域人工造成ワンドの推移と魚類相、環境工学研究論文集、第35巻、285-293、1998.
- (2) 財団法人河川環境管理財団：上河原河岸整備工事完成図面
- (3) 財団法人リバーフロント整備センター編著：多自然型川づくりの取組みとポイント、山海堂、1996.

た ま がわじんこう へんせん せいそくかんきょう ひょうか ほ ぜん かん けんきゅう
「多麻川人工わんどの変遷と生息環境の評価および保全に関する研究」

(研究助成・学術研究 VOL. 28-No.199)

著 者 たま い のぶ ゆき
 玉 井 信 行
発行日 1999年 3 月31日
発 行 財団法人 とうきゅう環境浄化財団
 〒150-0002
 渋谷区渋谷 1-16-14 (渋谷地下鉄ビル内)
 TEL (03)3400-9142
 FAX (03)3400-9141
