

河川の浄化に関する研究—その I—

—汚濁物質の浄化効果等に関する調査の結果について—

曾田 京三 安藤 晴夫 若林 明子
菊地 幹夫 江角 比出郎*

1 はじめに

多摩川中流部の水質を生物化学的酸素要求量 (BOD) でみると昭和54年度では環境基準 (BOD5ppm 以下) の適合割合は36%と低く、また、他の都内河川が経年的に改善傾向を示しているのに対して、江戸川とともに悪化傾向を示している。多摩川は、かつては清流であり、現在でも上水道源、自然環境、レクリエーションの場として貴重な存在であるところから、中流部の水質浄化は重要な課題となっている。

公害研究所は、昭和44~45年度、47~48年度に多摩川の調査を行い、BODを指標として流入汚濁負荷量と流水々質との関係を解析し、水質環境基準を達成するうえでの流入汚濁負荷量の許容量および公共下水道完備時において要求される下水の処理水質を明らかにするとともに流水の富栄養化の実態を把握した^{1),2)}。多摩川中流域で発生源から排出されるBOD負荷量の大半は生活排水由来のものであること、および事業場排水に対してはすでに厳しい排水規制が行なわれていることから、今後の浄化対策としては流域の公共下水道を完備し三次処理を行うことが最も有効であろう。しかし、その早期実現は困難であるので、これを補完して可能なかぎり水質を浄化する対策を検討し、実施していく必要があると考えられる。

当部では、昭和54年度からの3年間において、有機汚濁現象の機構を把握するとともに、それに及ぼす河川構造の影響および現在の発生源における汚濁物質排出実態を再度検討することによって、とくに二次汚濁の阻止を軸とする、緊急阻止としての発生源対策および河川管理のあり方を探ることとしている。そのうち筆者らは、多摩川中流部は比較的河床勾配が強く取水堰もいくつか存在することから、淵や瀬の効果を利用

* 現島根県土木部。

して水質の浄化を図ることを考え、それらの浄化効果とその機構を検討することにした。また、この水域は水深が浅く河床が礫層で栄養塩濃度が高いため藻類の付着増殖 (有機物の内部生産) が盛んなこと (いわゆる流水の富栄養化) から、これについても検討し、その水質への影響を検討する基礎資料を得ることとした。

昭和54年度は、多摩川中流部および野川の一部区間において、有機汚濁関連物質の挙動、除去効果等について現場調査を行ったので、その結果を報告する。

2 調査方法

(1) 現場調査方法

野川および多摩川本川でそれぞれ2回の調査を行った。調査日に先立つ天候を図1³⁾に、調査地点周辺の地図を図2に、採水観測時刻等を図3に示す。

ア 第1回野川調査

- 期日 1979年5月30日, 31日
- 地点 図2に示す *st.1* ~ *st.5* の5地点
- 方法 野川は都市河川で水質の経時変動が激しいものと予想されたので水質の実態を詳細に把握するため主観測地点の *st.2* と *st.4* においては1時間間隔24時間、計25回の採水観測を行った。その他、*st.1* では1回、*st.3*、*st.5* では3時間々隔で4回とした。なお、あらかじめ浮子を流して行った流達時間の調査結果を考慮して、*st.4* における開始時間は *st.2* のそれに対して3時間ほど遅らせた。

イ 第2回野川調査

- 期日 1979年9月12日, 13日
- 地点 第1回調査の *st.2*、*st.3*、*st.4* の3地点
- 方法 第1回調査でこの区間における水質の汚濁程度とその日間変動、各水質項目間の関係、地点

① 第一回野川調査

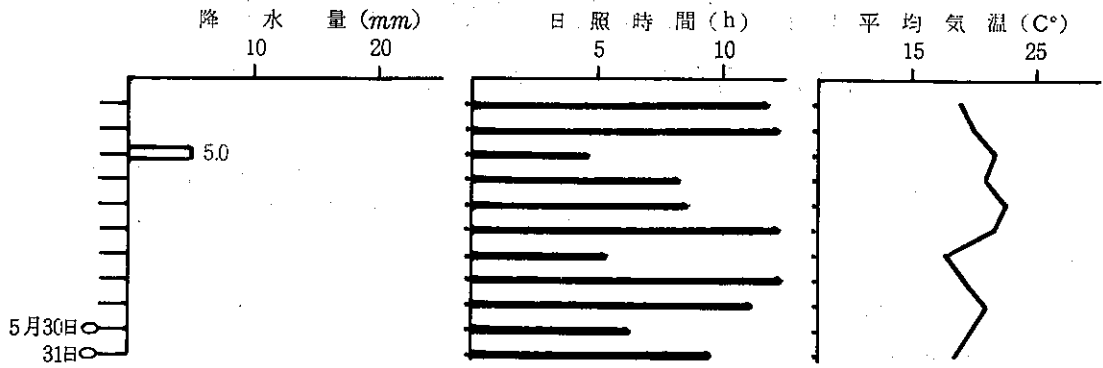


図 1-1 調査日以前の気象状況 (第 1 回野川調査)

② 第二回野川調査

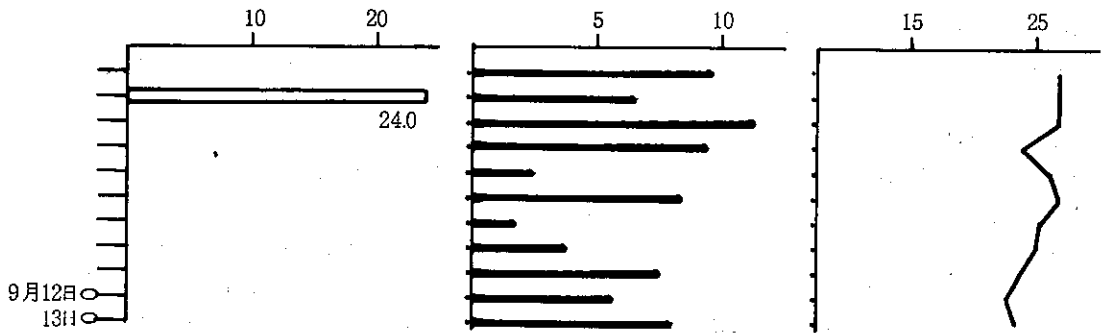


図 1-2 調査日以前の気象状況 (第 2 回野川調査)

③ 国立堰付近調査

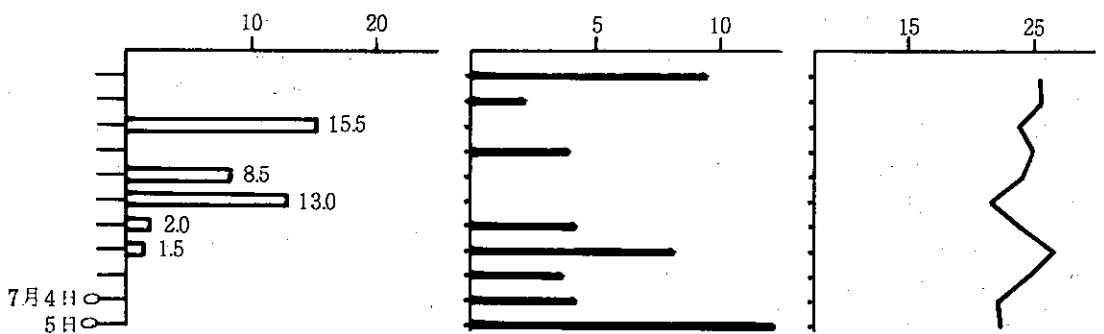


図 1-3 調査日以前の気象状況 (国立堰付近調査)

④ 上河原堰付近調査

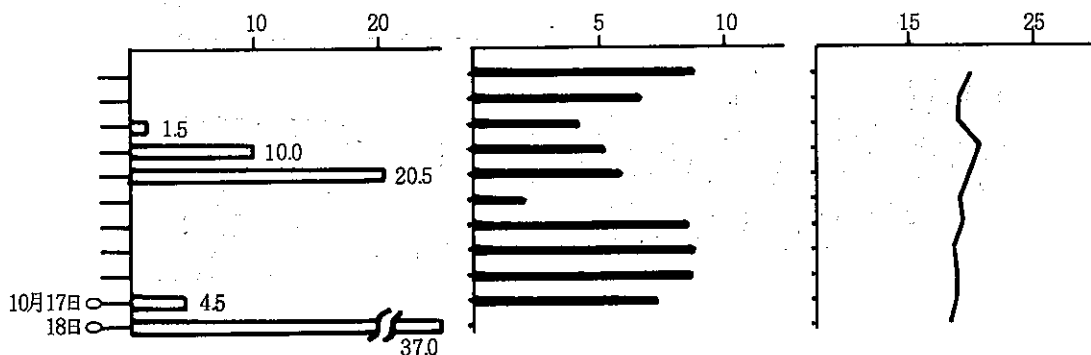


図1-4 調査日以前の気象状況(上河原堰付近調査)

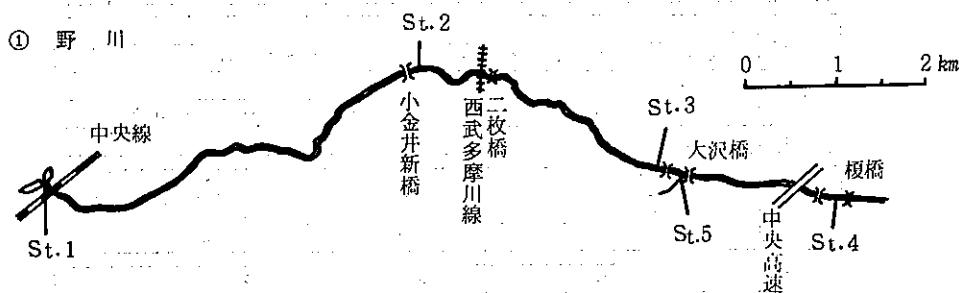


図2-1 調査地点図(野川)

② 国立堰付近

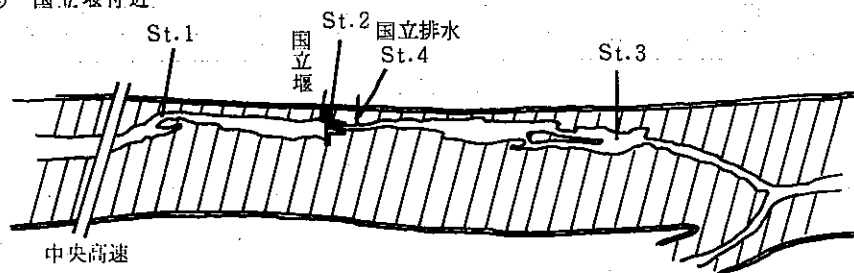


図2-2 調査地点図(国立堰付近)

間の差異等について知見を得ることができたので、第2回調査においては、時間々隔を広げて4時間々隔の通日観測を行った。ただし、第1回調査では流量測定結果に後述のような問題が生じ負荷量について十分な検討ができなかったため、今回は流量測定方法を細く規定して相対的な誤差を小さくするように留意するとともにst.3を加えて3地点で観測を行った。あわせ

て河川水の流下にしたがう水質の変化を、統計的な有意性のもとに検討するため、同一水塊の流下を仮定して各地点間の流下時間だけずらして、昼間と早朝の2回、10分間隔1時間の集中採水観測を行った。2回行った理由は、昼間と早朝では水質が特に異っているからである。

ウ 多摩川本川国立堰付近調査

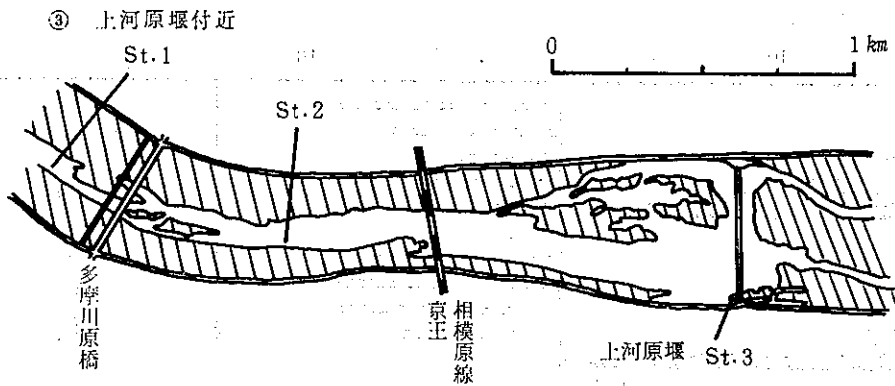


図2-3 調査地点図(上河原堰付近)

調査名	地点	10時	14	18	22	2	6	10	サンプル数
第一回 野川調査 昭和55年 5月30日 31日	St.1	○							1
	St.2	○	○	○	○	○	○	○	25
	St.3		○	○	○				4
	St.4		○	○	○	○	○	○	25
	St.5		○	○	○				4
第二回 野川調査 9月12日 12日	St.2	○	○	○	○	○	○	○	7
	St.3	○	○	○	○	○	○	○	7
	St.4	○	○	○	○	○	○	○	7
	St.5	○	○	○	○	○	○	○	7
国立堰 付近調査 7月4日 5日	St.1	○	○	○	○	○	○	○	13
	St.2	○	○	○	○	○	○	○	13
	St.3	○	○	○	○	○	○	○	13
	St.4							○	1
上河原堰 付近調査 10月17日 18日	St.1	○	○	○	○	○	○	○	7
	St.2	○	○	○	○	○	○	○	5
	St.3	○	○	○	○	○	○	○	5

図3 採水調査方法

- 期日 1979年7月4日、5日
- 地点 図2に示すst.1～st.4の4地点
- 方法 調査区間上流の比較的近くに汚濁源があること、および堰の規模が小さいことから、かなりの水質の経時変動があると予想されたので、st.1～st.3では2時間々隔24時間計13回の、st.4では1回の採水観測を行った。

エ 多摩川本川上河原堰付近調査

- 期日 1979年10月17日、18日
- 地点 図2に示すst.1～st.3の3地点
- 方法 調査区間は汚濁源から比較的遠く、堰の規模も大きく、水質の経時変動は小さいと予想されたので4時間々隔24時間計7回の通日観測と、第

2回野川調査の際と同じ理由で昼間と夜間の2回15分間隔で1時間の集中採水観測を行った。
なお、採水位置は、各調査とも流心表層とした。

(2) 測定分析方法

- 流量 流速を浮子法で測定し、河川断面積と流速から算出
- 水温 ガラス製棒状温度計で測定
- pH 比色法
- 生物化学的酸素要求量(BOD) JISK0102
- 化学的酸素要求量(COD) JISK0102, 100°Cにおける過マンガン酸カリウムによる酸素消費量
- 溶存酸素(DO) JISK0102 ウィンクラール、アジ化ナトリウム変法

- 浮遊物質 (SS) 450℃で2時間焼いたGF/Cろ紙で試水の適量をろ過し、ろ紙とともに60℃で乾燥後、秤量
- 懸濁性有機態炭素 (POC), 懸濁性有機態窒素 (PON) SSに用いた試料について柳本元素分析計MT-2型で測定
- 溶存性有機態炭素 (DOC) GF/Cろ紙でろ過した試水 (以下ろ過試水という。)についてMenzel法で測定
- 全有機態炭素 (TOC) POCとDOCの和として算出
- 溶存性炭水化物態炭素 (DCHC)⁴⁾ ろ過試水についてフェノール硫酸法で測定
- アンモニア態窒素 (NH₄-N)⁵⁾ ろ過試水につきインドフェノール法で測定
- 亜硝酸態窒素 (NO₂-N)⁶⁾ ろ過試水につきGriess法で測定
- 硝酸態窒素 (NO₃-N)⁷⁾ ろ過試水をカドミウム-銅カラムに通し、NO₂-Nに還元しGriess法で測定
- 溶存性有機態窒素 (DON) ろ過試水を前処理してNH₄-Nを除去後、ケルダール分解しNH₄-Nとしてインドフェノール法で測定
- 全窒素 (T-N) NH₄-N, NO₂-N, PON, DONの総和として算出
- 反応性りん (R-P) ろ過試水につきモリブデン青法で測定
- 懸濁性有機態りん (POP) SSに用いた試料を過硫酸カリで酸化分解後、R-Pとして測定
- 溶存性有機態りん (DOP) ろ過試水を過硫酸カリ分解したのちR-Pとして測定し、分解しない場合のR-Pとの差から算出
- 全りん (T-P)⁸⁾ R-P, POP, DOPの総和として算出
- 塩素イオン (Cl⁻) 電極法またはMohr法で測定
なお、POC, DOC, PON, POP, DON, DOPを除いては、試水が実験室に到着したのち、直ちに分析を行った。

3 結果と考察

(1) 第1回野川調査

野川は多摩川の支川で典型的な都市河川であるが、

当該調査区間 *st.2* と *st.4* との間では、河床は礫まじり土質、両岸は草地で、比較的自然に近い形態となっている。*st.2* と *st.4* の間では、*st.5* で排水路の流入があるほかは水の流入、流出はない。*st.3* は中間地点、*st.1* は水源である。調査日の7日前に5mmの降雨があったが、それ以後雨はなく、30日には一時雨があったが雨量としてまとまったものではなかった。試水の分析結果を表1に、*st.2* と *st.4* における代表的項目の日間変動を図4に示した。

表1 野川の水質 (第1回調査)

[日間平均値 (標準偏差)]

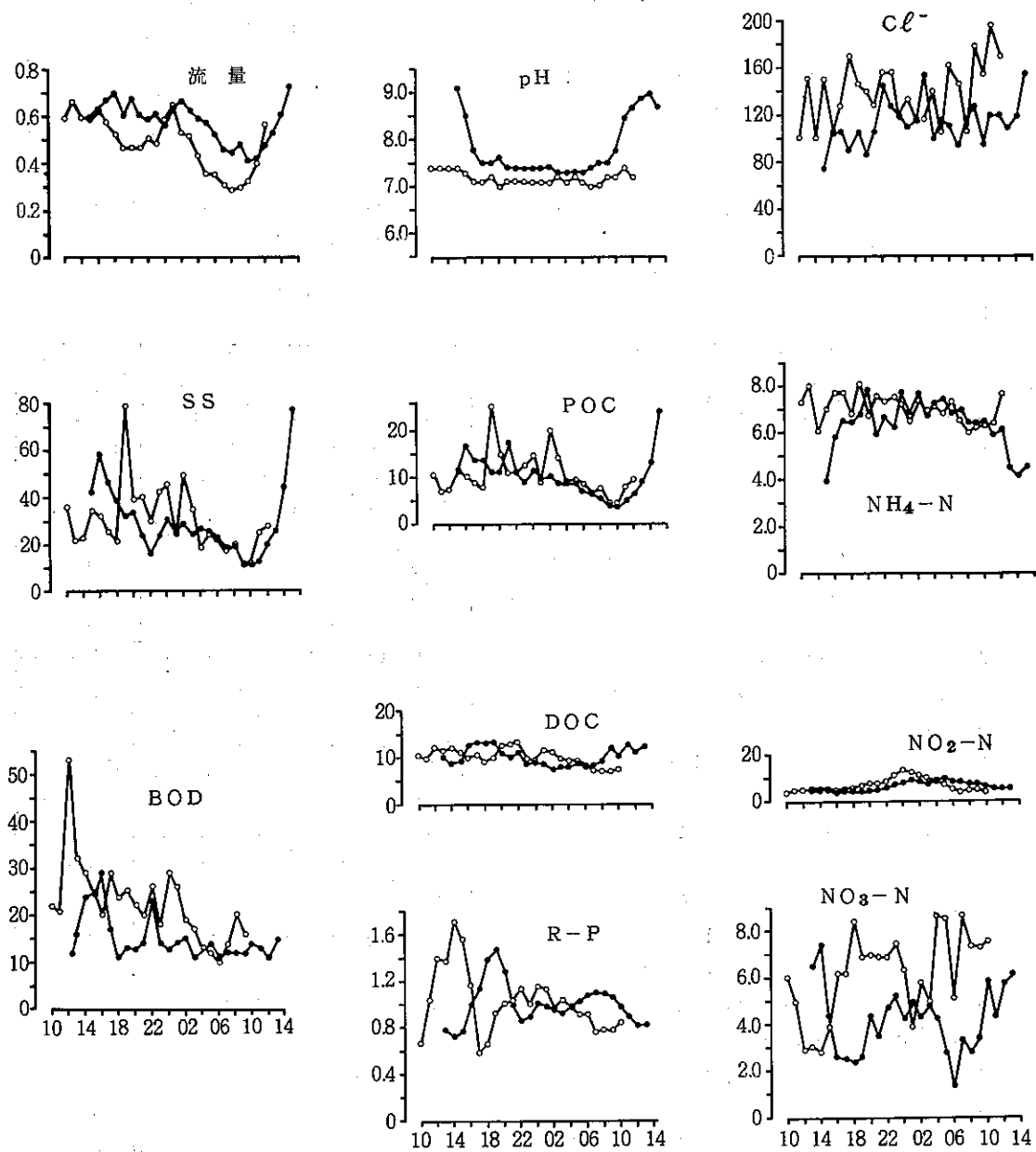
項目	地点	<i>st.1</i>	<i>st.2</i>	<i>st.3</i>	<i>st.4</i>	<i>st.5</i>
サンプル数		1	25	4	25	4
流量		—	0491 (0116)	0571 (0031)	0582 (0090)	—
Cl ⁻		—	139 (27)	123 (23)	114 (20)	22 (361)
DO		—	381 (299)	635 (617)	515 (459)	613 (142)
PH		—	718 (013)	753 (074)	782 (062)	750 (017)
SS		—	(144)	246 (51)	298 (153)	790 (286)
BOD		—	218 (90)	143 (44)	156 (48)	113 (22)
COD		—	223 (71)	213 (45)	189 (76)	140 (224)
TOC	1.2	207 (63)	201 (50)	197 (52)	152 (51)	—
POC	ND	105 (46)	82 (14)	964 (434)	340 (116)	—
DOC	1.2	999 (189)	119 (41)	101 (19)	118 (391)	—
NH ₄ -N	—	702 (059)	640 (049)	635 (107)	169 (071)	—
NO ₂ -N	ND	0667 (0279)	048 (008)	0518 (0172)	0158 (0059)	—
NO ₃ -N	—	609 (179)	625 (257)	415 (145)	215 (222)	—
PON	ND	167 (079)	111 (047)	164 (070)	0478 (0186)	—
T-R	—	141 (037)	0450 (0119)	137 (018)	0210 (0069)	—
R-P	0.10	0928 (0266)	0288 (0219)	0902 (0176)	0340 (0114)	—
POP	—	0389 (0148)	0498 (0136)	0429 (0191)	0175 (0059)	—
DOP	ND	0096 (0052)	0053 (0035)	0038 (0024)	0035 (0011)	—

注1) 単位: 流量はm³/秒, その他は (pHを除く) mg/ℓ

注2) *st.2* と *st.3* のCODのサンプル数は8

ア 水質の日間変動

st.2 および *st.4* について述べる。DOは日間変動が大きく早朝から昼にかけて増加し過飽和にもなったが、夕刻から夜にかけて1mg/ℓ前後にまで減少した。pHも同様の変化を示し、*st.4* では昼間9以上に達した。これらのことは、この区間で付着藻類の現存量が大きく、昼間、光合成が盛んに行われてことを意味する。その他、SS, POC, PON, DONは両地点で、BOD, NO₂-N, DOPは*st.2* で、COD, TOP, POPは*st.4* で日間変動がかなり大きかった。



註) 縦軸：濃度は mg/L (pHを除く)
 但し流量は $m^3/秒$
 横軸：採水時刻, 時

○ St. 2
 ● St. 1

図4 野川の水負の日間変動 (第1回調査)

逆に, *st.*2 ではNH₄-Nの, *st.*4 ではT-Pの日間変動が小さく, また, DOCとCℓ⁻の変動もかなり小さかった。

イ 各項目間の相関

アと同じく *st.*2 と *st.*4 での各測定値から各項目間の相関をみると, 相関性の非常に強いものは, *st.*2 では(SS-POC-PON), *st.*4 では(SS-POC-PON-POP)と(SS-COD)であり, 両地点とも1日中SSの組成が余り変化しないことを示している。また, 相関がかなりある項目としては, *st.*2 では(BOD-COD), (BOD-DOP), (COD-DC C, POP, DOP), (DOC-DOP), *st.*4 では(COD-POC, DCHC, PON, POP)であった。

ウ 各地点間の測定値および負荷量の差

*st.*1 は水源の池であるためNO₃-N以外の項目の測定値は小さい。*st.*2の水質は, NO₃-Nを除いては, 全ての項目で悪化するが, これは *st.*2 に到達するまでに家庭排水等が多量に流入するためである。*st.*2 から *st.*3 を経由して *st.*4 に達するまでに水質は更に変化するが, *st.*2 と *st.*4 との間で, 平均値に明らかな差が認められたのは, 次の項目であった。すなわち, pHが7.2から7.8に増加し, BODが21.8から15.6に, NH₄-Nが7.02から6.35に, NO₃-Nが6.09から4.15に, DOPが0.10から0.04に減少した。このことは, 河川水が *st.*2 から *st.*4 へと流下する間に, バクテリア等が有機物を分解すると同時に, 栄養塩を利用しつつ藻類生産が行われていることを示唆しているものと思われる。

ところで, *st.*2 と *st.*4 の間で日流量が18% (7700m³) 増加していた。途中からの流入は *st.*5 があるが, その量は1,000m³/日程度であり, その他の流入水は見当らなかった。その他の原因として流量の測定誤差, 地下水あるいは伏流水の湧出が考えられるが, いずれによるものか, ここでは明らかではない。上記の問題点を念頭においたうえで負荷量を比較してみると, BOD, NO₃-N, DOPは, 他の項目が *st.*2 と *st.*4 との間でほとんど変化しないか多少増加しているにもかかわらず, 減少している。これらのことから, *st.*2 から *st.*4 へと流れる間に少なくとも生分解を受けやすい有機汚濁物質はかなり除去されることが解る(表2)。

表2 第1回野川調査 地点別負荷量

項目	地点	<i>st.</i> 2	<i>st.</i> 4
流量		4,220	4,990
Cℓ ⁻		5,820	5,670
SS		1,320	1,490
BOD		983	818
DOC		469	505
POC		457	515
NH ₄ -N		298	327
NO ₂ -N		28.6	30.5
NO ₃ -N		244	203
PON		71.1	82.8
RP		40.9	45.2
DOP		4.43	1.87
POP		16.8	20.6
TOP		21.2	23.4

注) 単位: 流量はm³/日, その他はkg/日

(2) 第2回野川調査

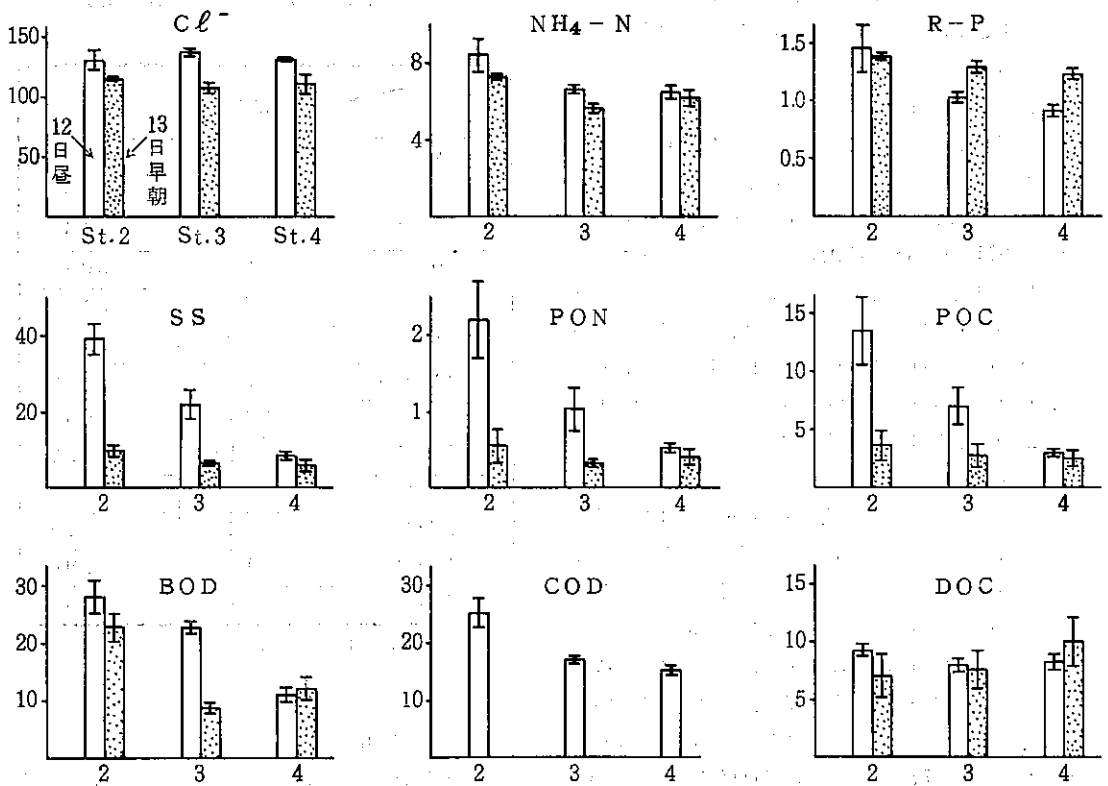
調査日8日前に24mmの降雨があったが, それ以後は雨はなく流況は安定していた。集中採水観測における試水の分析結果を図5に, 地点間の各項目の平均値の有意差検定(標準偏差値未知, 両側: JIS Z9049)結果を表3に示す。また通日観測における試水の分析結果を表4に, 各地点の通過負荷量を表5に, その地点間の変化を図6に示す。

ア 地点間の水質の差

*st.*2 から *st.*3 を経由して *st.*4 へ流下する間の水質の変化を集中採水観測の結果で見ると, 昼間の観測ではDOCとCℓ⁻を除く, BOD, COD, SS, POC, NH₄-N, R-P は *st.*2 から *st.*3 更に *st.*4 へと流下するにしたがい減少しており, その差に有意性がみとめられた。早朝の観測では, 昼間に比較して減少割合が小さくなり, *st.*3 と *st.*4 との間にはわずかながら増加する傾向が見られた。DOCは昼間は *st.*2 と *st.*3 との間で減少し, *st.*3 と *st.*4 との間でやや増加しており, 早朝は下流ほど値が増加していた。

イ 地点間の負荷量の変化

流量は *st.*2 と *st.*3 の間で約3%減少し, *st.*3 と



注) 平均値±標準偏差, n=7, 単位 mg/ℓ

図5 野川(第2回調査)の水質変化

st.4の間で約20%増加していた。st.2とst.4の間では約17%、6,000m³/日流量が増加しており、第1回の18%、7,700m³/日の流量増加とかなり良い一致を示している。流量の測定誤差や実際に流出が無いことを考慮すれば、st.2とst.3の間では、ほとんど流量は変わらないものと見なすことができる。一方、st.3とst.4の間では流量が増加しているが、流入はst.5の排水路以外には見当らず、この流量増加の原因を十分明らかにすることはできなかった。

図6を見ると、3地点間の負荷量の変化から測定項目を(BOD, SS, POC, PON), (COD, TOC, POP), (Cl⁻, R-P, DOC, NH₄-N), その他(NO₂-N, NO₃-N)に類別することができる。

BOD負荷量は、SS, POC, PONといった懸濁性成分の負荷量と同じく、st.2からst.3の間で大巾に減少し、st.3からst.4の間でも減少している。一方、流量の変化しないst.2とst.3の間で、DOC負荷量はあまり減少しない。これらのことから、この間にかぎっては、BOD寄与成分の大半は懸濁性のものであり、いわゆる自浄作用はこれら成分の沈降によるところが大きいものと考えられる。ここで、次式、

$$L_3 = L_2 \times 10^{-k \Delta t}$$

L₃, L₂: st.3, st.2のBOD負荷量 (kg/日)

Δt: st.2からst.3までの流達時間(日)

k: 自浄係数 (1/日)

に、L₃ = 434, L₂ = 686, Δt = 1.6/24を代入し

表3 野川(第2回調査)の水質
の平均値の差の検定

項目	地点間	St.2-St.3	St.3-St.4	St.2-St.4
Cl ⁻		1.87	6.60**	0.23
		3.97**	0.93	1.20
SS		8.32**	8.70**	19.88**
		5.75**	0.87	5.03**
BOD		9.08**	8.66**	13.31**
		7.18**	4.24**	2.94*
COD		3.07**	3.99**	10.01**
		—	—	—
POC		5.19**	6.52**	9.74**
		1.47	0.80	2.28*
DOC		4.07**	0.40	3.44**
		0.52	2.42*	2.74*
NH ₄ -N		5.53**	1.26	5.81**
		16.23**	2.91*	6.79**
PON		5.28**	4.74**	8.72**
		2.87*	2.05	1.65
R-P		6.16**	4.39**	8.00**
		4.22**	2.13	8.02**

注1) 上段は昼, 下段は早朝
 注2) サンプル数は7コ
 有意水準
 1% ($t_0 = 3.06$) **
 5% ($t_0 = 2.18$) *

表5 第2回野川調査 地点別負荷量

項目	地点	st.2	st.3	st.4
流量		31,600	30,700	37,400
Cl ⁻		3,900	3,400	4,400
SS		752	446	323
BOD		686	434	383
COD		625	486	558
TOC		506	393	453
POC		242	150	96
DOC		264	243	357
NH ₄ -N		237	210	244
NO ₂ -N		14	15	25
NO ₃ -N		163	104	116
PON		43	23	17
R-P		42	40	46
POP		39	33	34

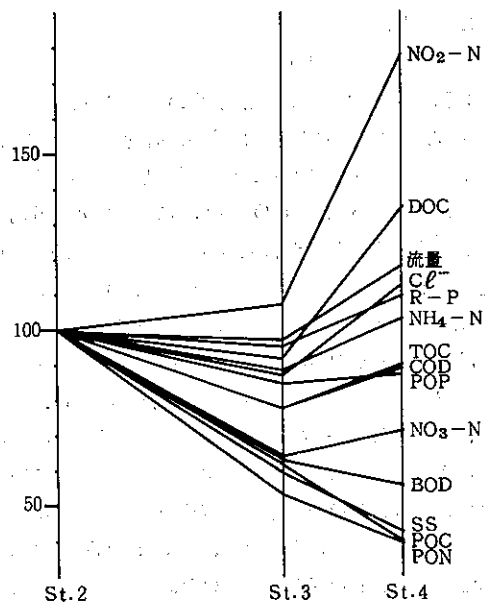
注) 単位: 流量はm³/日, その他はkg/日

表4 野川(第2回調査)

[日間平均値(標準偏差)]

項目	地点	st.2	st.3	st.4
サンプル数		7	7	7
流量		0.383 (0.100)	0.354 (0.120)	0.462 (0.147)
Cl ⁻		126 (23)	114 (35)	116 (12)
DO		4.1 (3.2)	4.6 (3.2)	4.9 (4.5)
pH		7.5 (0.35)	7.7 (0.57)	7.8 (0.54)
SS		23 (8.2)	15 (5.4)	9.2 (4.5)
BOD		21 (5.4)	14 (3.0)	10 (1.5)
COD		19 (3.8)	16 (2.6)	15 (1.9)
TOC		15.5 (3.8)	12.6 (3.0)	12.0 (2.1)
POC		7.3 (3.0)	4.9 (2.5)	2.7 (1.2)
DOC		8.2 (1.7)	7.7 (1.0)	9.4 (1.4)
NH ₄ -N		7.46(0.52)	6.64(0.73)	6.25(1.58)
NO ₂ -N		0.44(0.18)	0.47(0.18)	0.68(0.15)
NO ₃ -N		5.57(2.45)	3.99(2.63)	3.35(2.31)
PON		1.27(0.50)	0.75(0.42)	0.47(0.20)
R-P		1.28(0.25)	1.22(0.33)	1.18(0.27)
T-P		2.57(0.57)	2.28(0.53)	2.09(0.46)
POP		1.17(0.30)	1.02(0.25)	0.87(0.21)
DOP		0.12(0.15)	0.04(0.02)	0.04(0.02)

注) 単位: 流量はm³/秒, その他はmg/ℓ
 (pHを除く)



注) 単位: St.2を100とした指数

図6 野川(第2回調査)の地点別負荷量の変化

て、みかけの自浄係数を求めると、

$$k = 3.18 (\text{平均水温 } 23^{\circ}\text{C})$$

が得られる。この値は、これまでに多摩川中流部で得られた0.9(水温19°C)程度に比較してかなり大きい。

COD負荷量の変化はTOC負荷量のそれと一致しており、*st.2*と*st.3*との間の減少率はBODの約半分の20%程度である。このことは、CODの寄与成分がTOCのそれに類似しており、BODに比較して溶解性成分の寄与割合が大きいことを示唆している。

$\text{C}\ell^-$ 、R-P、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、DOCの負荷量は*st.2*と*st.3*の間で若干減少し、*st.3*と*st.4*の間ではかなり増加しており流量の変化に類似している。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の負荷量は*st.2*と*st.3*の間ではBOD等と同じようになり減少するが*st.3*と*st.4*の間では増加しており、 $\text{NO}_2\text{-N}$ のそれは下流ほど大きくなっていった。

(3) 多摩川本川国立堰付近調査

*st.2*は国立堰上である。*st.1*は小さな瀬であるが、*st.1*と*st.2*の間は淵になっている。*st.3*は堰下流約1kmの地点でこの間は瀬になっている。堰の上で取水があり、堰直下には都市排水*st.4*が流入している。調査日7~4日前に10mm前後の、3~2日前に2mm程度の降雨があったが調査日の流況は安定していた。

試水の分析結果を表6に、主要項目の日間変動を図7に示した。

ア 水質の変動と地点間の差

DOは平均値ではほとんど地点間の差はないが、*st.1*と*st.3*では、pHとともに藻類の活動をうかがわせる日間変動を示しており、昼間増加し、夜間減少していた。堰上の*st.2*のDOは*st.1*に対して4~6時間遅れの変動を示したが、pHは変動が少なく、他の2点とは逆に、わずかではあるが夜間に値が高くなっていた。

*st.1*と*st.2*の間で平均値が明らかに減少している項目はSS、BOD、POC、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、PON、R-P、POP、T-Pおよび $\text{C}\ell^-$ で、DOC、 $\text{NO}_2\text{-N}$ はほとんど差は無く、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は値が増加している。この間には流入水は無いにもかかわらず $\text{C}\ell^-$ が減少しているので、SS、BOD等の減少がそのまま淵の浄化効果を示しているとは言えないが、SS、BOD、POC、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、PONおよびPOPの減少割合はそれぞれ55%、46%、33%、34%および47%で、 $\text{C}\ell^-$ のその18%を大きく上まわっている。このことは、この淵にかなりのBODの浄化効果があり、それは懸

表6 多摩川国立堰付近の水質

(日間平均値(標準偏差))

項目	地点	<i>st.1</i>	<i>st.2</i>	<i>st.3</i>	<i>st.4</i>
サンプル数		13	13	13	1
$\text{C}\ell^-$		34 (3)	25 (2)	43 (2)	96
DO		6.1 (1.7)	6.0 (1.6)	6.1 (2.2)	——
pH		7.1 (0.1)	7.1 (0.2)	7.4 (0.3)	7.0
SS		16 (2.1)	7.3 (1.5)	9.5 (5.8)	160
BOD		7.2 (2.4)	3.9 (0.5)	4.8 (1.0)	8.4
COD		7.7 (0.1)	6.2 (0.3)	6.3 (0.4)	35
TOC		6.5 (1.6)	4.9 (1.2)	5.5 (0.8)	41
POC		3.0 (1.4)	1.7 (0.7)	1.8 (0.3)	2.0
DOC		3.5 (0.4)	3.2 (1.0)	3.6 (0.7)	2.2
$\text{NH}_4\text{-N}$		2.4 (0.5)	1.6 (0.2)	2.3 (0.5)	2.0
$\text{NO}_2\text{-N}$		0.54 (0.05)	0.53 (0.04)	0.59 (0.05)	0.01
$\text{NO}_3\text{-N}$		3.4 (0.5)	3.5 (0.3)	4.3 (0.4)	1.4
PON		0.35 (0.14)	0.23 (0.05)	0.26 (0.05)	0.1
DON		0.64 (0.15)	0.55 (0.24)	0.24 (0.29)	0.84
T-P		1.3 (0.1)	1.0 (0.1)	0.97 (0.08)	——
R-P		0.97 (0.09)	0.79 (0.03)	0.75 (0.03)	1.8
POP		0.15 (0.02)	0.08 (0.01)	0.09 (0.03)	0.86

注1) 単位: mg/ℓ (pHを除く)

注2) CODのサンプル数は7 (*st.4*を除く)

濁性成分の沈降によるところが大きいことを示唆している。*st.2*と*st.3*の間では、都市排水の流入があり、ほとんどの項目で値が増加している。

(4) 多摩川本川上河原堰付近調査

*st.1*と*st.2*の間は瀬をはさんでおり、*st.2*と*st.3*の間は淵である。この調査区間では支川等の流入はない。*st.3*は上河原堰であり、ここで工業用水を取水している。また、調査日の4日前から前日までは降雨はなかったが、当日20時30分頃から第2日目の朝まで雨が降り続いた。通日観測における試水の分析結果を表7に、その日間変動を図8に示した。また、15分間隔で行った集中採水観測の結果を図9に、各項目の平均値の差の検定結果を表8に示した。

ア 水質の日間変動

各地点において、降雨にもかかわらず、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、R-Pの日間変動は小さい。 $\text{C}\ell^-$ は夜半に増加している。DOは夜半に減少しているが、 $7\text{mg}/\ell$ 程度までで、あまり大きな減少ではない。これらのことは当該

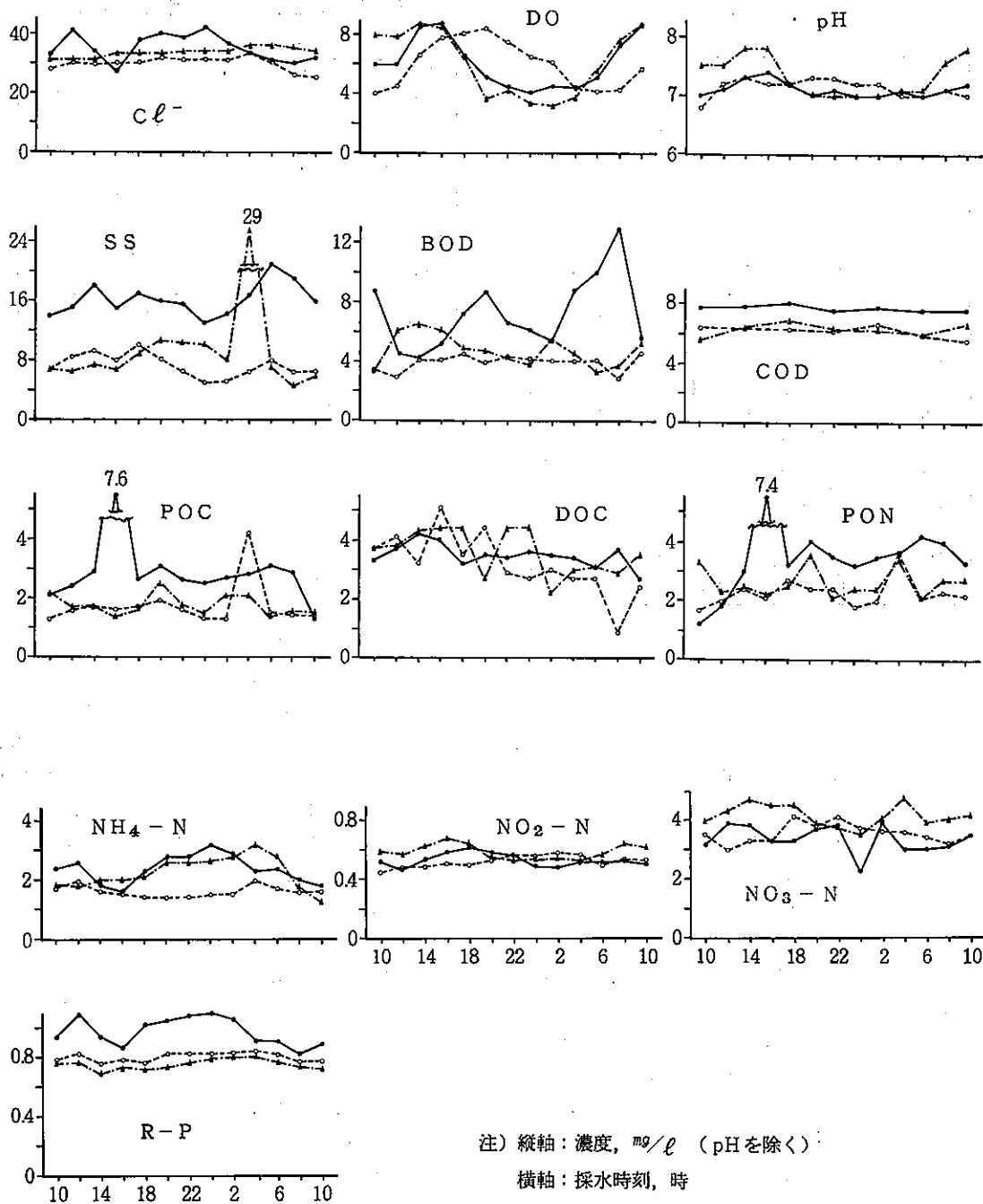


図7 多摩川国立堰付近の水質の日間変動

表7 多摩川上河原堰付近の水質
〔日間平均値(標準偏差)〕

項目	地点	st.1	st.2	st.3
サンプル数		7	7	7
Cℓ ⁻		20 (1)	21 (1)	20 (1)
DO		7.9 (0.5)	7.9 (0.5)	8.0 (0.8)
pH		7.2 (0.1)	7.3 (0.1)	7.1 (0.1)
SS		7.9 (2.2)	9.2 (4.3)	5.6 (1.0)
BOD		4.4 (1.2)	4.6 (1.1)	3.8 (1.0)
COD		4.2 (0.6)	5.1 (0.6)	4.3 (0.8)
TOC		3.3 (0.8)	3.5 (0.7)	3.2 (0.4)
POC		1.2 (0.6)	1.3 (0.8)	0.8 (0.4)
DOC		2.1 (0.4)	2.2 (0.3)	2.4 (0.2)
NH ₄ -N		0.63 (0.14)	0.61 (0.23)	0.72 (0.22)
NO ₂ -N		0.31 (0.04)	0.33 (0.03)	0.32 (0.03)
NO ₃ -N		1.5 (0.2)	1.1 (0.4)	1.5 (0.9)
PON		0.15 (0.07)	0.16 (0.10)	0.09 (0.02)
R-P		0.34 (0.02)	0.34 (0.02)	0.36 (0.03)
T-P		0.48 (0.06)	0.51 (0.05)	0.45 (0.05)
POP		0.05 (0.02)	0.05 (0.02)	0.04 (0.01)
DOP		0.10 (0.05)	0.12 (0.04)	0.06 (0.04)

注) 単位: mg/ℓ (pHを除く)

水域の特徴なのかあるい降雨の影響なのか判断はむずかしい。SSは、降雨により夜半から朝にかけて著しく増加した。このときSSに起因する水質(POC, PON等)とBODも著しく変化した。一方NH₄-N, NO₃-Nの日間あるいは時間変動は降雨のない時間帯でも大きかった。これらの項目は本来的に変動しやすいものか、また分析上の問題であるか不明である。

イ 瀬・淵における自浄作用

昼間の集中採水観測の結果を瀬・淵における自浄作用の観点から考察してみる。

瀬をはさんでいるst.1とst.2の間においてCℓ⁻の1時間での変動は極めて小さく、しかもst.1とst.2でのCℓ⁻の平均値には有意の差があるとは言えない。したがって1つの水塊が流下していると仮定することができる。そこでst.1とst.2における分析値から自浄作用に及ぼす瀬の効果を見ると、BOD, SS, POC, PONは明らかに水塊の流下に伴い減少しており、その割合はBOD14%, SS26%, POC22%, PON25%であった。一方、R-Pは変化していない。またこの間の流下時間は約1時間であることから、この自浄作用は、生物化学的な酸化分解よりも、むしろ

表8 多摩川上河原堰付近の水質の平均の差の検定

項目	地点	st.1 - st.2	st.2 - st.3
Cℓ ⁻		0	3.48 ***
SS		3.19 **	1.72
BOD		1.845 *	4.687 ***
COD		1.43	0.4112
POC		3.399 ***	2.790 **
DOC		0.343	0.794
PON		4.73 ***	2.06 *
R-P		1.79	7.34 ***

注) サンプル数は5コ

有意水準

1% (t₀ = 3.230) ***

5% (t₀ = 2.232) **

10% (t₀ = 1.833) *

る懸濁性成分の沈降等物理的除去によるところが大きいと考えられる。

一方、淵であるst.2とst.3の間では、Cℓ⁻は4.8%, R-Pは13%も明らかに流下に伴ない増加している。同一水塊の流下を仮定できない。また、堰からの流出水(st.3)は淵での滞留時間が長い均質化しており、一方、淵への流入水(st.2)は時間的に変動している。短時間での観測結果から淵での自浄作用を論ずることは問題がある。しかし、仮にCℓ⁻の増加は、流入BODの増加をもたらすとすると、少なくともBODはこの淵で減少し、その減少割合は、Cℓ⁻補正後で39%となる。

4 おわりに

本研究は、昭和56年度まで3年間継続して実施するものであるが、昭和54年度は多摩川とその支川の野川において、有機汚濁の浄化効果、汚濁関連物質の挙動などに関する現場調査を行った。

両岸や河床の構造が比較的的自然に近い野川上流のst.2とst.3の区間における見かけの自浄係数kは318(水温23°C)と見つめられた。BODと類似した挙動を示したものはSS, POC, PONあるいはPOPなどの懸濁性成分であった。また、DOCの減少は少なかった。これらのことから、この水域におけるBODの浄化作用には、懸濁性成分の沈殿によるところが大きいものと考えられる。

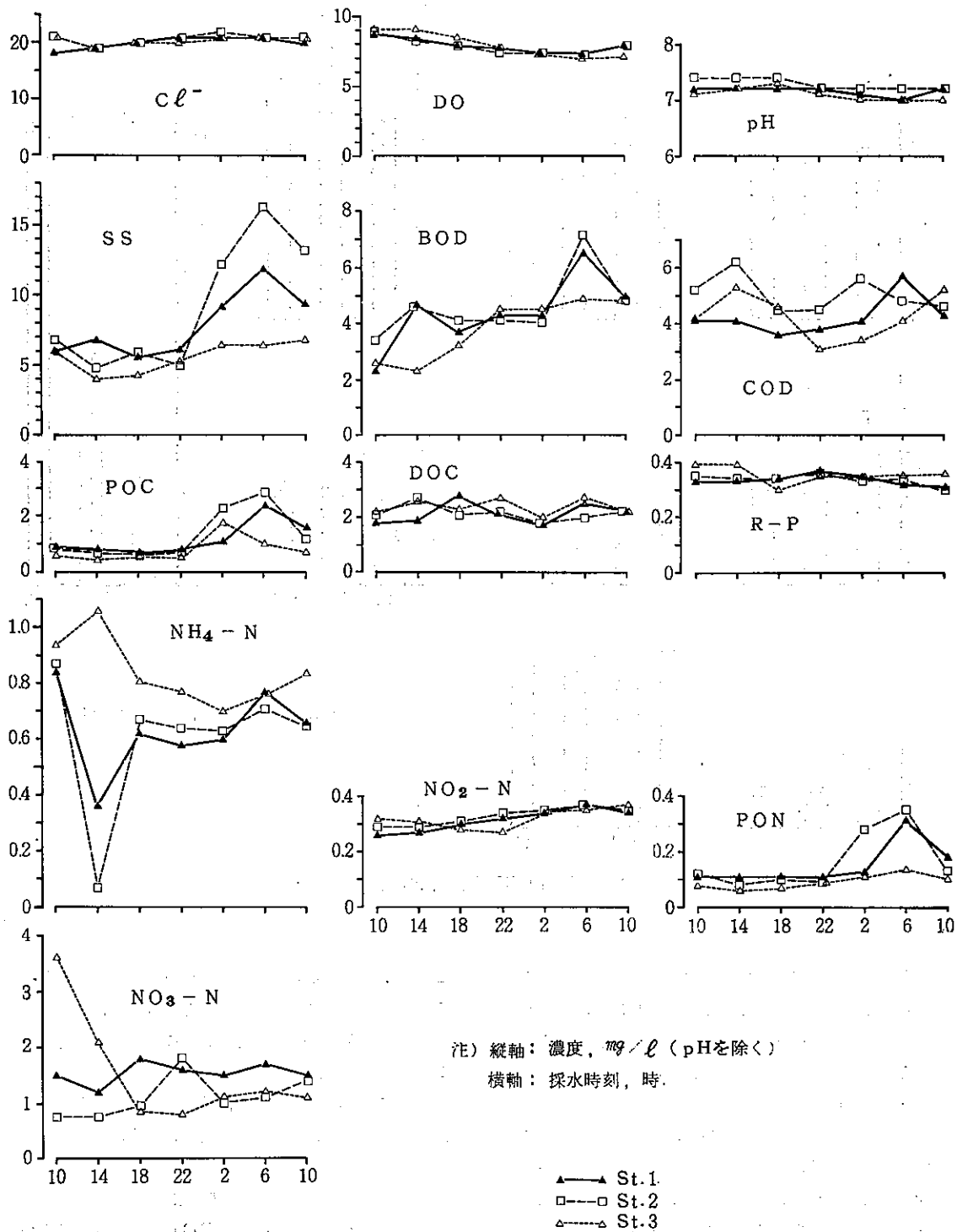
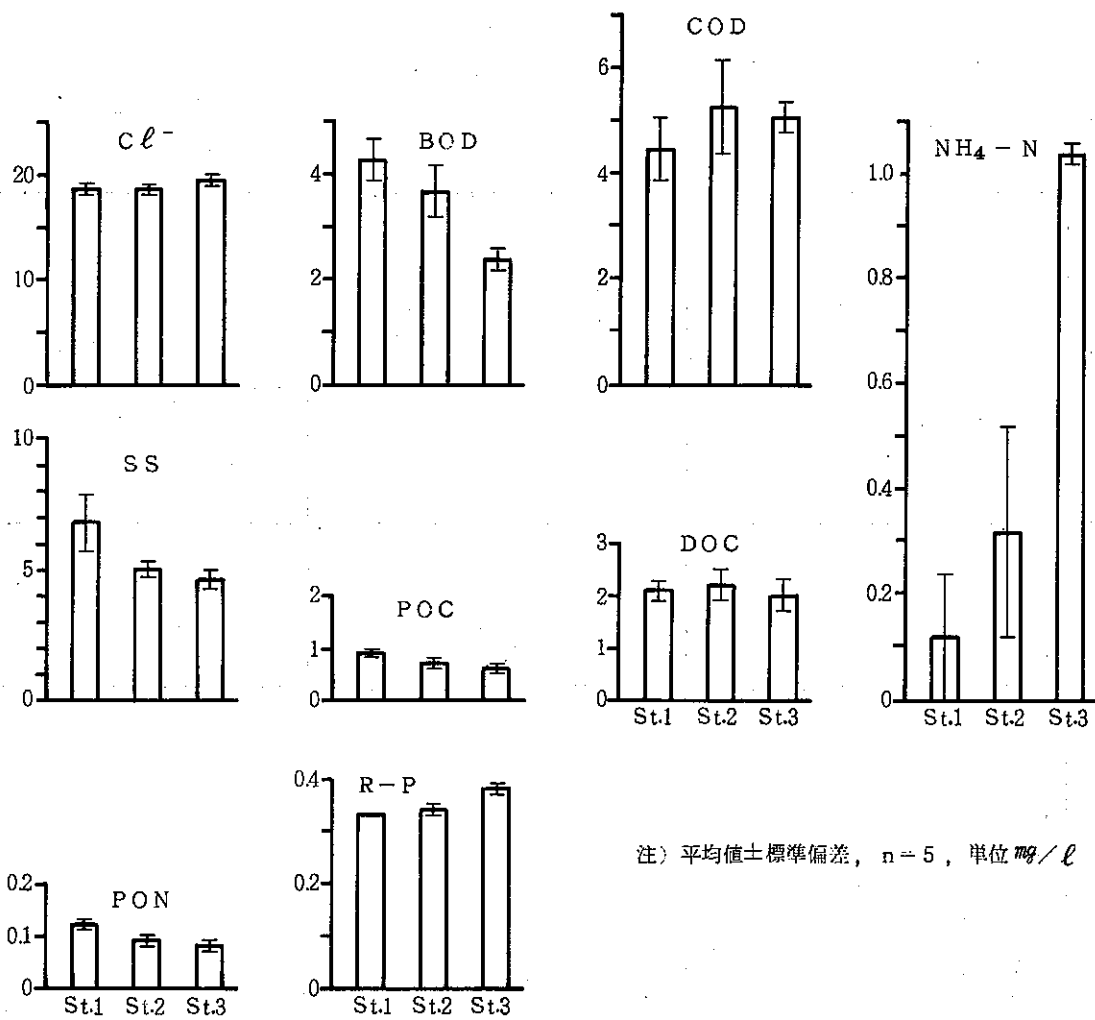


図8 多摩川上河原付近の水質の日間変動



注) 平均値±標準偏差, n = 5, 単位 mg/l

図9 多摩川上河原堰付近の水質変化

多摩川中流部においても、堰の背後の淵においてかなりBODが除去されることと、それには、野川と同様に懸濁性成分の沈降除去がかなり寄与していることを示唆する結果が得られた。更に、上河原堰上流の瀬をはさむ区間で同じことが認められた。

昭和55年度以後は、多摩川中流部における堰等の浄化効果について、さらに現場観測を継続するとともに、浄化機構つまり生物化学的分解と懸濁性成分の沈殿除去との寄与割合などについて検討を行う。

また、本調査においても、DO、pHの日間変動などから、河床面において藻類による内部生産が盛んな

ことが、あらためて認識され、その水質への影響も考えられるので、藻類増殖の原因となる窒素、磷化合物の存在形態や藻類への利用性などについても検討することとしている。

最後に、現場の採水観測、試水の分析には水質部全員の協力が得られたことを付記し、各位に感謝する。

参考文献

- 1) 土屋隆夫ほか：多摩川のBOD収支調査結果について、東京都公害研究所年報，2，（1971）。
- 2) 江角比出郎ほか：多摩川の汚濁解析について、東

- 京都公害研究所年報, 7, (1976)。
- 3) 東京管区気象台: 東京気象月報 5月~10月 (1979)。
- 4) 小山忠四郎ほか: 湖水・海水の分析, 講談社サイエンティフィック。
- 5) 浮田正夫ほか: 用水と廃水, 21 (2), 156~174 (1979)。
- 6) *Bandschneider, K., Robinson, R. J.*: *J. Mar. Res.*, 11, 87~96, (1952)。
- 7) *Wood, E. D. et al.*: *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 47, 23, (1967)。
- 8) 石谷寿ほか: 全国公害研究誌, 4 (1), 29-34 (1979)。