

清流の復活に関する研究 (その7)

昭和62年度 玉川上水水質調査結果

渡辺 正子 津久井 公昭 紺野 良子
西井戸 敏夫

1 はじめに

東京都は第二次長期計画の中で、ふるさとと呼べるまちづくりを旨とし、下水処理水を河川維持用水として積極的に利用する清流の復活事業を行っている。既に多摩川上流処理場の処理水を利用して、1984年8月から野火止用水へ、1986年8月から玉川上水に通水している。更に1989年に千川上水に通水を行う予定である。また1992年以降、落合処理場の処理水を利用して古川、目黒川、呑川の城南河川に放流する予定である。

清流の復活事業が既に行われている野火止用水、玉川上水は、江戸時代につくられた水路で、玉川上水は承応

3年(1654年)に完成し、江戸に飲料水を供給した上水路であり、歴史的、文化的にも価値が高い。

往時の玉川上水は羽村の取入口から四谷大木戸までの約43kmであるが、現在は羽村取入口から小平監視所までが、水道用水路として利用されている。清流復活事業の対象区域は、水の途絶えていた小平監視所以降、浅間橋跡までの約18kmの区間である。浅間橋跡で暗きょに入った水は、それ以後導水管で神田川に放流されている(図1)。

水源水を供給する多摩川上流処理場(昭島市)の処理能力は日量15万m³であり、2系列で処理を行い、処理

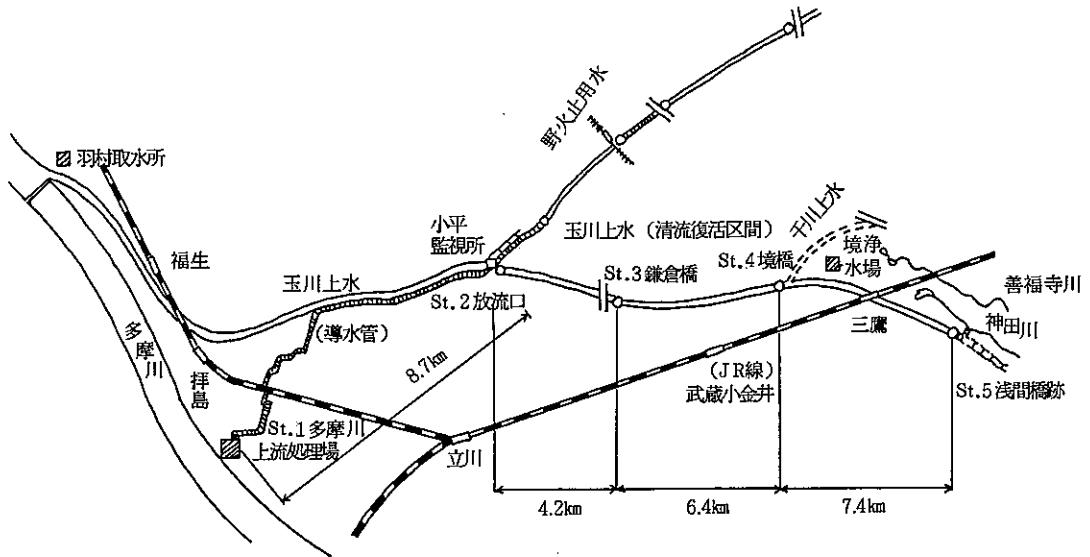


図1 調査地点概略図

方式は標準活性汚泥法である。通常、処理水は多摩川に放流されているが、玉川上水等への放流水は、二次処理水を更に砂濾過しており、水質目標値はBOD 8 mg/ℓ以下である。平時の放流量は玉川上水1.8万m³/日、野火止水1万m³/日である。なお、これまでは嫌気好気法で、りん除去方式を取っていたが、1987年6月以降、硝化を進めアンモニアを減らすために、窒素除去方式に変更している。表1に多摩川上流処理場処理水の水質を掲げる。

ここでは61年度の調査に引続き、62年度玉川上水水質調査を行ったので、その結果を報告する。

2 調査及び分析方法

調査は1987年5月から1988年2月まで6回行った。調査地点は多摩川上流処理場 (St.1)、放流口 (St.2)、鎌倉橋 (St.3)、境橋 (St.4)、浅間橋跡 (St.5) の5地点である (図1)。調査の項目及び分析方法は既報と同じである。

3 水質調査結果と考察

水質調査結果を表2～7に示した。

表1 多摩川上流処理場の水質 (昭和62年度平均)

項目	流入下水	二次処理水
pH	7.2~7.3	7.1~7.4
BOD mg/ℓ	206	2
COD mg/ℓ	94	11
SS mg/ℓ	192	3
大腸菌群数 個/ml	110,000	31
T-P mg/ℓ	4.5	1.8
T-N mg/ℓ	34.8	11.5
NH ₄ -N mg/ℓ	19.8	2.7

注) 多摩川上流処理場資料

(1) pH

pH6.5~7.6の範囲で特に問題はない。

(2) BOD (生物化学的酸素要求量)

St.1の放流水のBODは最高で4.1mg/ℓであり、放流目標値BOD 8 mg/ℓ以下を十分に達成している (図2)。

St.2で急激にBODが増加する現象は1987年5月と

表2 St.1 多摩川上流処理場

項目	調査年月日	1987	1987	1987	1987	1987	1988	平均
		5.21	6.23	8.19	10.13	12.10	2.9	
採水時刻		11:15	11:10	11:10	11:15	11:15	11:35	
pH		7.0	6.8	6.9	7.0	6.9	6.8	6.9
BOD	mg/ℓ	2.6	2.0	4.1	1.7	<0.5	2.5	2.2
C-BOD	mg/ℓ	2.60	1.8	1.4	0.6	0.7	1.5	1.4
COD	mg/ℓ	16.3	9.7	9.8	10.3	11.6	13.7	11.9
SS	mg/ℓ	4.9	1.1	0.9	1.7	1.4	1.8	2.0
DO	mg/ℓ	7.6	7.9	7.8	7.7	9.1	9.0	8.1
大腸菌群数	MPN/100ml	3.3×10 ⁴	1.3×10 ³	2.1×10 ³	4.9×10 ²	2.4×10 ⁴	7.9×10 ³	1.1×10 ⁴
ふん便性大腸菌	MPN/100ml	240	38	130	170	1100	780	410
T-N	mg/ℓ	10.9	6.95	7.37	8.30	7.55	11.4	8.74
NH ₄ -N	mg/ℓ	2.17	0.21	0.29	0.18	0.54	1.91	0.88
NO ₂ -N	mg/ℓ	1.41	0.15	0.17	0.09	0.32	1.08	0.54
NO ₃ -N	mg/ℓ	5.73	5.79	6.30	7.00	5.71	7.50	6.34
T-P	mg/ℓ	1.10	1.76	1.05	1.86	1.49	2.06	1.55
PO ₄ -P	mg/ℓ	0.86	1.69	0.98	1.70	1.41	1.93	1.43
残留塩素	F/T mg/ℓ	0/0.5	0/0.4	0/0.5	0/0.3	0/0.4	0/0.5	0/0.4
電気伝導度	μs/cm	506	460	467	473	482	489	480
MBAS	mg/ℓ	0.13	0.09	0.10	0.10	0.17	0.08	0.11
水温	°C	23.3	24.5	25.6	23.5	18.6	16.9	22.0
放流量	m ³ /日	11,000	18,000	18,200	18,000	18,000	18,000	16,900

注) 残留塩素の欄のFは遊離残留塩素、Tは全残留塩素

表3 St.2 放流口

項目	調査年月日	1987	1987	1987	1987	1987	1988	平均
		5.21	6.23	8.19	10.13	12.10	2.9	
採水時刻		13: 10	12: 55	12: 55	13: 00	13: 00	13: 55	
pH		6.8	6.8	6.7	6.9	6.7	6.5	6.7
BOD	mg/l	13.5	2.1	3.4	2.2	1.6	9.8	5.4
C-BOD	mg/l	4.0	1.6	1.2	1.1	1.4	3.0	2.0
COD	mg/l	15.0	10.0	10.7	10.1	10.8	16.2	12.1
SS	mg/l	4.0	1.4	1.0	1.6	1.2	2.2	1.9
DO	mg/l	6.3	7.4	6.2	7.3	8.6	7.0	7.1
大腸菌群数	MPN/100ml	1.7×10 ³	8×10 ¹	2.3×10 ²	4.9×10 ²	2.4×10 ³	2.3×10 ²	8.6×10 ²
ふん便性大腸菌	MPN/100ml	18	56	90	84	62	10	53
T-N	mg/l	12.3	7.31	8.24	8.39	8.15	12.3	9.45
NH ₄ -N	mg/l	2.78	0.09	0.12	0.07	0.13	1.40	0.77
NO ₂ -N	mg/l	1.69	0.21	0.57	0.16	0.47	2.40	0.92
NO ₃ -N	mg/l	6.20	6.19	6.53	7.75	6.46	7.56	6.78
T-P	mg/l	1.30	1.96	1.23	1.92	1.54	2.12	1.68
PO ₄ -P	mg/l	1.10	1.88	1.15	1.80	1.43	2.03	1.57
残留塩素	F/T mg/l	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
電気伝導度	μs/cm	525	466	492	488	492	502	494
MBAS	mg/l	0.08	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.10
水温	°C	21.6	22.5	25.3	23.2	18.4	16.7	21.3

注) 残留塩素の欄のFは遊離残留塩素、Tは全残留塩素

表4 St.3 鎌倉橋

項目	調査年月日	1987	1987	1987	1987	1987	1988	平均
		5.21	6.23	8.19	10.13	12.10	2.9	
採水時刻		14: 15	14: 00	13: 55	14: 25	13: 50	14: 55	
pH		6.9	7.2	7.2	7.4	7.1	6.9	7.1
BOD	mg/l	11.3	2.4	4.2	2.2	3.6	7.9	5.3
C-BOD	mg/l	2.6	1.7	1.7	1.2	2.5	2.5	2.0
COD	mg/l	14.2	11.6	12.3	12.2	12.6	14.0	12.8
SS	mg/l	6.9	29.3	33.4	39.3	30.3	12.7	25.3
DO	mg/l	2.3	6.6	6.6	6.7	6.4	5.4	5.7
大腸菌群数	MPN/100ml	4.9×10 ³	4.9×10 ³	4.6×10 ³	3.3×10 ³	7.9×10 ³	3.3×10 ²	4.3×10 ³
ふん便性大腸菌	MPN/100ml	240	260	460	200	480	200	310
T-N	mg/l	13.5	7.25	9.29	9.76	9.13	12.8	10.3
NH ₄ -N	mg/l	2.92	0.06	0.14	0.04	0.04	1.36	0.76
NO ₂ -N	mg/l	1.12	0.08	0.40	0.04	0.20	1.12	0.49
NO ₃ -N	mg/l	7.94	6.28	7.42	8.51	7.75	9.59	7.92
T-P	mg/l	0.98	1.88	1.57	1.92	1.65	2.18	1.70
PO ₄ -P	mg/l	0.88	1.70	1.36	1.68	1.53	2.06	1.54
残留塩素	F/T mg/l	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
電気伝導度	μs/cm	524	468	522	494	517	510	505
MBAS	mg/l	0.06	0.14	0.14	0.09	0.08	0.11	0.10
水温	°C	21.4	21.8	24.9	21.4	16.6	13.8	19.9

注) 残留塩素の欄のFは遊離残留塩素、Tは全残留塩素

表5 St.4 境 橋

項 目	調査年月日	1987	1987	1987	1987	1987	1988	平 均
		5.21	6.23	8.19	10.13	12.10	2.9	
採水時刻		15: 10	14: 55	14: 45	15: 15	14: 50	17: 00	
pH		6.9	7.3	7.4	7.6	7.3	7.3	7.3
BOD	mg/ℓ	4.4	3.0	3.9	3.4	0.7	7.0	3.7
C-BOD	mg/ℓ	1.8	2.2	1.2	1.8	<0.5	1.9	1.6
COD	mg/ℓ	12.3	16.4	16.1	15.7	12.0	14.8	14.6
SS	mg/ℓ	3.7	82.7	92.7	102	20.6	17.6	53.2
DO	mg/ℓ	3.1	6.8	6.6	7.4	6.8	8.2	6.5
大腸菌群数	MPN/100ml	7.9×10 ³	7.0×10 ³	3.3×10 ⁴	2.3×10 ⁴	7.9×10 ³	7×10 ²	1.3×10 ⁴
ふん便性大腸菌	MPN/100ml	110	800	1400	680	340	380	618
T-N	mg/ℓ	13.3	8.87	9.81	11.7	10.2	13.5	11.2
NH ₄ -N	mg/ℓ	1.05	0.04	0.05	0.02	0.02	1.92	0.52
NO ₂ -N	mg/ℓ	0.50	0.00	0.15	0.04	0.15	0.71	0.26
NO ₃ -N	mg/ℓ	10.4	7.65	8.23	10.5	8.80	9.90	9.25
T-P	mg/ℓ	0.70	1.77	1.69	1.97	1.58	2.06	1.63
PO ₄ -P	mg/ℓ	0.62	1.38	1.17	1.52	1.48	1.88	1.34
残留塩素	F/T mg/ℓ	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
電気伝導度	μs/cm	521	446	504	491	513	492	495
MBAS	mg/ℓ	0.05	0.12	0.12	0.08	0.09	0.14	0.10
水温	°C	20.2	20.9	24.4	19.2	14.1	9.7	18.1

注) 残留塩素の欄のFは遊離残留塩素, Tは全残留塩素

表6 St.5 浅間橋跡

項 目	調査年月日	1987	1987	1987	1987	1987	1988	平 均
		5.21	6.23	8.19	10.13	12.10	2.9	
採水時刻		16: 10	15: 40	15: 30	16: 25	15: 40	17: 00	
pH		7.1	7.3	7.4	7.5	7.4	7.4	7.4
BOD	mg/ℓ	4.4	2.8	3.8	2.6	0.4	3.5	2.9
C-BOD	mg/ℓ	1.2	1.6	1.9	0.8	0.5	2.5	1.4
COD	mg/ℓ	13.4	20.4	19.5	15.2	10.3	15.7	15.8
SS	mg/ℓ	20.8	115	120	133.0	17.3	41.6	74.6
DO	mg/ℓ	4.9	6.6	6.2	7.4	8.3	9.9	7.2
大腸菌群数	MPN/100ml	4.9×10 ³	1.7×10 ⁴	2.2×10 ⁴	2.2×10 ⁴	7×10 ²	4.9×10 ²	1.1×10 ⁴
ふん便性大腸菌	MPN/100ml	220	880	2200	1000	160	480	820
T-N	mg/ℓ	13.3	8.50	8.30	10.7	6.69	12.4	10.0
NH ₄ -N	mg/ℓ	0.38	0.06	0.06	0.02	0.02	0.21	0.13
NO ₂ -N	mg/ℓ	0.29	0.00	0.02	0.01	0.01	0.41	0.12
NO ₃ -N	mg/ℓ	10.2	7.09	6.90	9.58	5.79	11.2	8.47
T-P	mg/ℓ	0.52	1.18	1.45	1.70	1.23	1.67	1.29
PO ₄ -P	mg/ℓ	0.40	0.73	0.84	1.14	1.16	1.45	0.93
残留塩素	F/T mg/ℓ	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
電気伝導度	μs/cm	515	430	426	458	493	475	466
MBAS	mg/ℓ	0.04	0.10	0.13	0.06	0.07	0.09	0.08
水温	°C	20.1	20.7	24.1	17.9	11.5	6.9	16.8

注) 残留塩素の欄のFは遊離残留塩素, Tは全残留塩素

表7 有害物質（放流口）

項目	水質		底質	
	mg/l		mg/kg	
	1987年10月13日		1987年10月13日	
カドミウム	ND (<0.002)		0.11	
シアン	ND (<0.1)		—	
有機リン	ND (<0.1)		—	
鉛	ND (<0.01)		11.1	
クロム (6価)	ND (<0.05)		—	
ひ素	ND (<0.001)		2.0	
総水銀	ND (<0.0005)		0.074	
アルキル水銀	ND (<0.0005)		ND (<0.01)	
P C B	ND (<0.0005)		ND (<0.01)	

1988年2月に顕著にみられる。これは他の測定時に比べNH₄-N（アンモニア態窒素）がSt.2で2.78mg/l、1.40mg/lと多いためである。アリルチオ尿素を添加し硝化を抑えて測定したC-BODは1987年5月のSt.2で4.0mg/lを示した以外は、全調査で3mg/l以下であった（図3）。

St.2における1986年10月から1987年2月までの3回の測定値の平均はNH₄-Nが8.80mg/l、BODが19mg/lであったが、1987年10月から1988年2月までの測定値の平均はNH₄-Nが0.53mg/l、BODが4.5mg/lであり、NH₄-Nの減少とそれに伴うBODの低下が明らかであった。これは処理場において、NH₄-N除去方式に変更した効果が現れたためと考えられる。

(3) COD（化学的酸素要求量）

St.1のCODは9.7~16.3mg/lである。61年度測定値及び1987年5月、12月、1988年2月の測定においては、流下による変動は少ないが、1987年6月から10月まではSt.1からSt.5に流下するに従いCOD値が上昇する傾向が認められた（図4）。これは後述する懸濁物質の寄与に起因するものと考えられる。

(4) SS（懸濁物質質量）

St.1及びSt.2では、おおむね1~2mg/lであるが流下につれて増加する。特に1987年5月中旬からSSの異常な増加現象がみられ、同年6月の測定ではSt.1が1.1mg/l、St.2が1.4mg/l、St.3が29.3mg/l、St.4が82.7mg/l、St.5が115mg/lであり、St.3からの増加が顕著である（図5）。なお、St.5における61年度の平均は17.7mg/lである。SSについては1988年7月まで測定を継続しているが、増加の傾向をみると

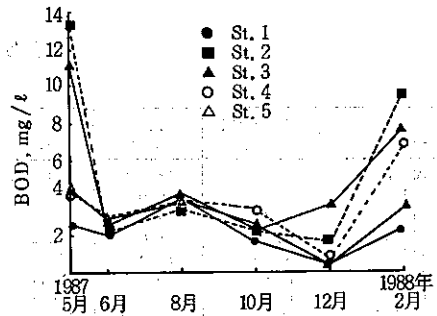


図2 BODの経時変化

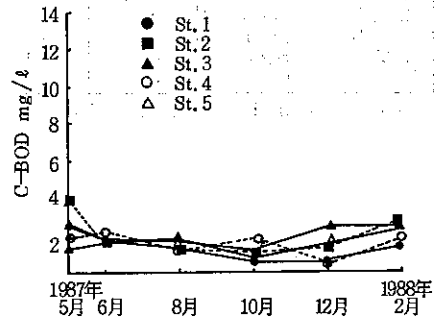


図3 C-BODの経時変化

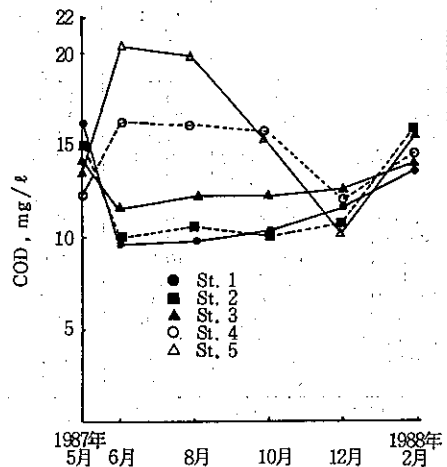


図4 CODの経時変化

夏期高くなり、冬期に減少している（図5）。

SSの増加の原因は、河川中の多量の土の堆積状況から判断すると、護岸から崩れ落ちた土粒子等と考えられる。

(5) DO（溶存酸素）

1987年5月の測定では、St.2で6.3mg/lであったものが流下に伴いSt.3で2.3mg/l、St.4で3.1mg/lと顕著な減少を示し、St.5で4.9mg/lに回復している。一方、1987年6月から10月までDOは6.2~7.4mg/lでSt.2からSt.5まで流下していく間にそれほど変化は生じていない。しかし、1987年12月と1988年2月には5mg/l以上はあるもののSt.3で減少がみられる。季節によって多少傾向は異なるが、St.3を中心とするDO減少について、硝化あるいは有機物の酸素消費等に関する詳細な検討が必要である。

(6) 大腸菌群数、ふん便性大腸菌群数

大腸菌群数、ふん便性大腸菌群数は、一般的な傾向として導水管中（St.1~St.2）で減少し、玉川上水（St.2~St.5）を流下するにつれて増加する。玉川上水での増加の原因の一つとして魚等によるものも考えられるが、今後の検討が必要である。大腸菌群数の各測定点での平均値は $8.6 \times 10^2 \sim 1.3 \times 10^4$ MPN/100mlであった。

ふん便性大腸菌群数は、最大値が1987年8月調査時St.5の2200MPN/100mlであるが、通常は1000MPN/100mlを超えない。環境庁が示した水浴上の基準によれば、ふん便性大腸菌群100個/100ml以下は快適、1000個/100ml以下は適、1000個/100mlを超えるものは不適となっている。目的、測定法等に違いがあり、厳密な比較はできないが、仮にこの基準で評価すれば、現状は一応適と思われる。ただし、放流に際し特別の目標を設定してこれを維持しているわけではないので、水浴も出来るなどと過大に評価してはならない。

(7) 窒素化合物

T-N（全窒素）として7~14mg/lであり、流下過程での変化は少ない。前述のように1987年6月から多摩川上流処理場でNH₄-N除去を目的として処理方法を変更している。St.1で変更前後の測定値を比較すると、1986年10月から1987年2月までの3回の平均値は14.0mg/lであり、変更後の1987年10月から1988年2月までの平均値は9.08mg/lであり、明らかにT-Nが低下している。

NH₄-Nの低下については、BODの項で既に述べた。NH₄-Nが比較的高い1987年5月及び1988年2月の測定結果からみて玉川上水を流下するにつれて硝化が進み、NH₄-Nが減少し、NO₃-N（硝酸態窒素）が増加していくことは明らかである。

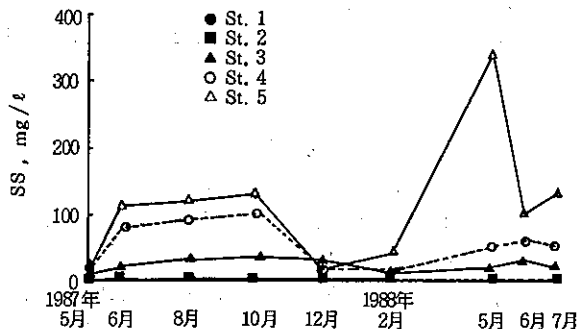


図5 SSの経時変化

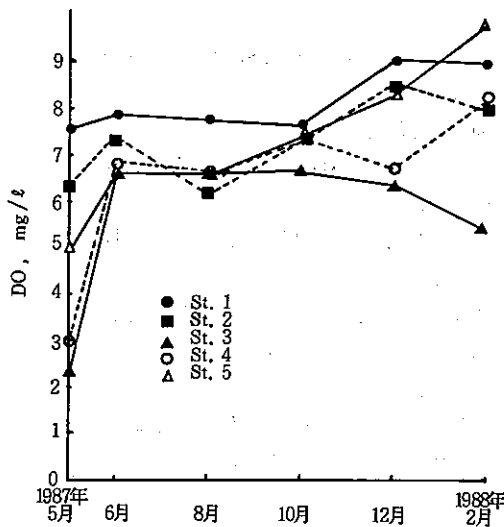


図6 DOの経時変化

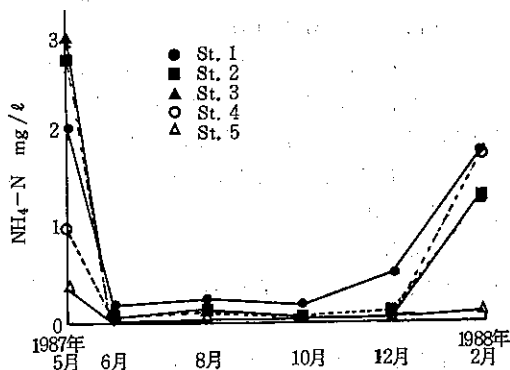


図7 NH₄-Nの経時変化

(8) リン化合物

T-P (全りん) の各地点での平均値は1.29~1.70mg/lの範囲にある。St.1における1986年10月から1987年2月までの平均値は0.96mg/lであり、1987年10月から1988年2月までの3回の平均値は1.80mg/lと増加しており、処理場においてP除去からN除去の方針を変えた結果が反映している。

PO₄-P (りん酸態りん) はSt.5でかなり減少しているが、これは河床の土の吸着によるものと考えられる。

(9) 残留塩素

残留塩素はSt.1を除いてSt.2以降の玉川上水では検出されていない。

(10) 電気伝導度

おおむね400~500μs/cmの範囲である。

(11) MBAS

おおむね0.2mg/l以下で、泡立ちは見られない。

(12) 水温

下水処理水であるため、冬でも水温が高いのが特徴であるが、流下につれて低下している。

(13) 有害物質

環境基準に定められている健康項目について測定したが、特に問題はない(表7)。

4 まとめ

玉川上水の水は、少量の湧水を除き、全量が多摩川上

流処理場の処理水なので、その水質は処理場の砂戸過処理水を基本にして、更に玉川上水を流下する過程での変化が加わったものである。以下に、これまでの調査結果を総括して、玉川上水の水質の特徴を述べる。

玉川上水18kmを流下する間の有機物に関する自浄作用は、C-BOD自体の絶対値が低いので明瞭ではない。CODは目立った低下はない。NH₄-Nについては、61年度調査結果から流下過程で減少し、硝化が起っていることが明らかであり、62年度においても5月と2月については、硝化現象がみられるが、他の時期では不明瞭である。

59~61年度野火止用水調査結果と同様に、玉川上水におけるBODの上昇は、61年度調査でも水質の著しい特徴であったが、1987年6月から処理場において、従来の嫌気好気法によるP除去を主眼とした運転方式からN除去の方針を変更し、硝化を進めNH₄-Nを減らしたため、放流口(St.2)におけるBODは変更前の19mg/lから4.5mg/lに低下した。このように現在では、放流口におけるBODの上昇はみられない。

DOについては、魚類の生育に5mg/l以上を確保することが必要である。今回の調査結果では、玉川上水の流下過程でのDOの減少と回復現象が夏期を除いて、明らかに認められる。すなわち、NH₄-Nの高い冬期にDOの減少が起る傾向が認められるが、DOの減少が硝化によるか、あるいは他の原因によるものか解明する必要がある。

1987年夏期に、下流側においてSSの多大な増加が起り、外観は茶褐色の泥濁りであった。この原因は、玉川上水が関東ローム層の素掘りの水路であるため、護岸から崩れ落ちた土粒子によると考えられる。

最後に調査に当たって御協力いただいた多摩川上流処理場の各位に謝意を表します。

引用文献

- 1) 津久井公昭: 清流の復活に関する研究(その6), 昭和61年度玉川上水水質調査結果, 東京都環境科学研究所年報1988, p.121~125.
- 2) 津久井公昭, 菊地幹夫: 清流の復活に関する研究(その2), 昭和60年度野火止用水水質調査結果, 東京都環境科学研究所年報1987, p.126~133.