

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

津久井 公昭 菊地 幹夫

1 はじめに

都市における生活環境に潤いをもたらすものとして水辺空間の価値が再認識されつつある。

現在、東京都は、玉川上水(小平監視所以降)とその分水である野火止用水と千川上水で「清流の復活」事業を進めている。これは、水事情の悪化等のため通水が停止されていたこれらの河川に、下水処理水を利用して通水し、行政施策「ふるさとと呼べるまち・水と緑」を実現しようというものである。

放流する下水処理水は、多摩川上流処理場の二次処理水を砂ろ過したもので、水質は、BOD 8 mg/l以下としている。前記各河川へ導水するために、多摩川上流処理場から小平監視所まで8.7 kmの導水管が敷設された。

水路の全長は、玉川上水が約18 km(小平監視所～浅間橋)、野火止用水が約8 km(放流口～埼玉県境。ただし、小平監視所から放流口まで導水管が約2 kmある。)、そして千川上水が約5 km(境橋～伊勢橋)であり、計画放流量は、玉川上水 23,200 m³/日、野火止用水 20,000 m³/日、千川上水 10,000 m³/日(玉川上水から分水)である。これらの河川のなかで野火止用水が1984年8月に、玉川上水が1986年8月に、通水を開始している。千川上水の通水は、1988年の予定である。

このように河川の維持水としての下水処理水の大規模な利用は、国内においては初めてである。今後、河川維持用水としての下水処理水の活用が増大するものと思われる。そこで、我々は、水質の実態を把握するとともに、

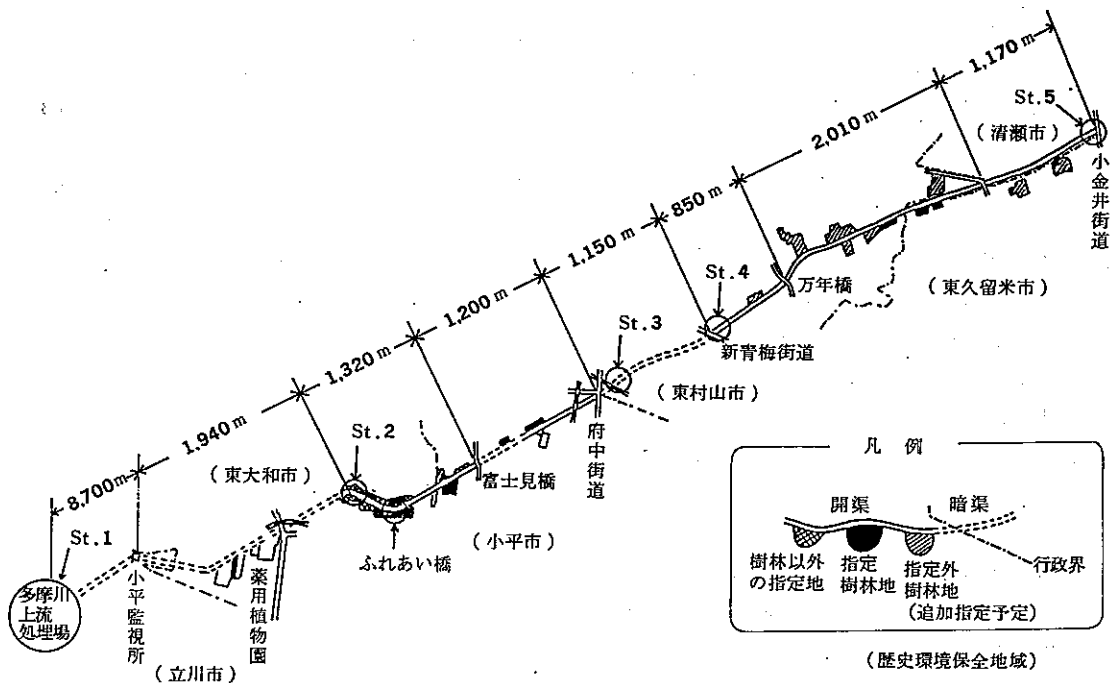


図1 野火止用水調査地点

改善・向上を図ることを目的として、1984年8月の野火止用水通水後から水質調査を実施している。前報¹⁾では、昭和59年度の野火止用水水質調査結果について報告した。ここでは昭和60年度の野火止用水水質調査結果を報告する。

2 調査および分析方法

(1) 調査方法

水源である多摩川上流処理場は分流式下水処理場であるため、雨水の影響は無視できる。しかし、路面などから野火止用水へ雨水が流入するので、採水は雨天時をさけて実施した。

調査地点を図1に示す。調査は、毎回、多摩川上流処理場(St.1)から開始し(11時頃)、流下に従って、放流口(St.2)(13時頃)、八坂(St.3)、新青梅街道(St.4)、小金井街道(St.5)(15時頃)の順で行なった。

また、放流水の水質の時間変動を把握するため、St.2において、11時から20時まで6回測定の実績調査を行った。

(2) 分析方法

- ア pH, 生物化学的酸素要求量(BOD), 化学的酸素要求量(COD), 浮遊物質(SS), 溶存酸素量(DO), カドミウム, シアン, 鉛, クロム(6価), ヒ素, MBAS: JIS K 0102 工場排水試験方法
- イ 窒素化合物, リン化合物: オートアナライザーによる自動分析法
- ウ 有機りん, 総水銀, アルキル水銀, PCB, 大腸菌群数: 昭和46年環境庁告示第59号
- エ 電気伝導率: 電気伝導率計
- オ 残留塩素: DPD法
- カ AGP: *Selenastrum capricornutum* を供試藻類とした。

3 水質調査結果

調査は、1985年5月より1986年2月まで5回行った。調査結果を表1に示した。また、1985年7月にSt.2で連続調査(11時~20時)を行った。調査結果を表2に示す。放流水量は、第1回調査時には10,000 m³/日、第2~5回調査および連続調査時には、

15,000 m³/日であった。流速は、河川状況によって多少変動するが、15,000 m³/日放流時に、St.2において約50 cm/秒であり、下流においてはこれより低下する。St.1からSt.2までの流達時間(導水管内等の滞留時間)は、15,000 m³/日放流時に約8時間、野火止用水(St.2~St.5)での流達時間は、5~6時間(流速を35~40 cm/秒として算出)である。

連続調査の結果(図2および表2参照)から見て、野火止用水(St.2~St.5)の調査を行う時間帯では、放流水の水質は、多少の変動はあるが、概ね安定している。したがってSt.2~St.5間の水質変化は、流れている過程で生じたものであることが分かる。そこで水質調査の結果を、流下に伴う水質変化の視点でとらえ、以下に述べる(図3および表1参照)。

(1) pH

pHは、導水管中で低下し、次いで野火止用水を流下する過程で再び上昇する傾向がある。導水管中でのpHの低下は、NH₄-Nの酸化などによるものである。

全測定値で6.5~7.5の範囲にあり、pHについては問題がない。

(2) BOD

多摩川上流処理場の放流水(St.1)のBODは、2.9~7.7 mg/ℓ(平均5.3 mg/ℓ)である。しかし、野火止用水(St.2~St.5)では、かなり高いBOD値が検出される。

一例としてSt.2でみると、そのBODは、5.7~19 mg/ℓ(平均12 mg/ℓ)であり、St.1の放流水より高くなっている。この原因は硝化(アンモニアの酸化)にあると考えられる。N-アリルチオ尿素を添加して硝化を抑えたBODを測ると(このBODをC-BODとする)、2.2~4.1 mg/ℓ(平均3.2 mg/ℓ)であり、硝化によるBOD(N-BODとする)は、3.0~15 mg/ℓ(平均9.0 mg/ℓ)と計算され、BOD中のN-BODの割合が大きいことが分る。この状況は、St.3~St.5においても同じである。

また、アンモニア(NH₄-N)濃度から見てみると、NH₄-N濃度の低い1985年8月の調査では、低いBOD値が得られている。

St.1は、St.2~St.5と比較して通常NH₄-N濃度が高いにもかかわらず、BOD値が低い。これは、硝化菌の存在量が少ないためと考えられる。野火止用水

表1 昭和60年度野火止用水水質調査結果

(1) St.1 (多摩川上流処理場)

項目	調査日	1985 5.17	1985 8.29	1985 10.24	1985 12.12	1986 2.25	平均
pH		7.1	7.2	7.1	6.9	7.0	7.1
BOD	mg/l	2.9	5.1	3.5	7.7	7.5	5.3
C-BOD	mg/l	1.2	1.6	1.9	2.4	2.7	2.0
COD	mg/l	10.9	9.9	11.9	13.9	15.0	12.3
SS	mg/l	1.3	2.0	1.7	2.2	2.4	1.9
DO	mg/l	-	-	-	-	-	-
大腸菌群数	MPN/100ml	4.9×10 ²	4.9×10 ⁴	4.9×10 ¹	4.6×10 ⁴	7.0×10 ¹	1.9×10 ⁴
T-N	mg/l	12.6	7.97	11.0	13.5	17.6	12.5
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	8.48	1.39	3.90	5.94	11.9	6.32
NO ₂ ⁻ -N	mg/l	1.15	1.07	0.94	2.26	1.90	1.46
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	2.23	4.45	5.12	4.46	2.46	3.74
T-P	mg/l	1.11	1.96	1.88	2.41	1.38	1.75
PO ₄ ³⁻ -P	mg/l	0.95	1.83	1.87	2.32	1.26	1.65
残留塩素	F/Tmg/l	0.1/1.0	0/0.2	0/0.7	0/0.2	0/0.3	0/0.5
電気伝導率	μS/cm	515	444	510	549	579	519
MBAS	mg/l	0.06	0.04	0.08	0.09	0.09	0.07
AGP	mg/l	356	178	269	351	429	317
水温	℃	20.8	25.8	22.0	18.2	15.0	20.4

(2) St.2 (放流口)

項目	調査日	1985 5.17	1985 8.29	1985 10.24	1985 12.12	1986 2.25	平均
pH		6.8	7.0	6.8	6.8	6.9	6.9
BOD	mg/l	12	5.7	12	19	12	12
C-BOD	mg/l	3.2	2.7	2.2	4.1	3.6	3.2
COD	mg/l	11.9	10.6	11.4	14.5	14.8	12.6
SS	mg/l	2.1	1.7	1.2	2.4	2.5	2.0
DO	mg/l	4.8	5.2	5.4	6.0	5.8	5.4
大腸菌群数	MPN/100ml	5	1.3×10 ²	2.2×10 ¹	2.3×10 ³	2.3×10 ²	5.4×10 ²
T-N	mg/l	15.5	8.53	11.2	15.2	18.8	13.8
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	8.40	0.83	3.06	6.92	12.7	6.38
NO ₂ ⁻ -N	mg/l	1.05	1.37	1.60	2.22	0.92	1.43
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	3.85	5.35	5.54	5.02	3.82	4.72
T-P	mg/l	1.79	2.42	2.56	2.54	1.93	2.25
PO ₄ ³⁻ -P	mg/l	1.46	2.36	2.42	2.42	1.74	2.08
残留塩素	F/Tmg/l	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
電気伝導率	μS/cm	540	460	507	570	592	534
MBAS	mg/l	0.11	0.05	0.11	0.15	0.16	0.12
AGP	mg/l	408	214	263	396	502	357
水温	℃	19.8	24.8	21.5	17.8	14.5	19.7

(3) St.3 (八坂)

項目	調査日	1985 5.17	1985 8.29	1985 10.24	1985 12.12	1986 2.25	平均
pH		7.1	7.3	7.2	7.1	7.2	7.2
BOD	mg/l	16	4.9	11	21	13	13
C-BOD	mg/l	2.9	3.1	2.6	4.6	3.3	3.3
COD	mg/l	14.3	11.8	11.6	14.4	14.6	13.3
SS	mg/l	40.9	28.6	6.7	8.8	4.6	17.9
DO	mg/l	6.3	6.2	6.3	6.4	8.1	6.7
大腸菌群数	MPN/100ml	2.4×10 ³	4.9×10 ²	1.3×10 ³	1.3×10 ³	3.3×10 ²	1.2×10 ³
T-N	mg/l	15.2	8.92	11.3	15.7	18.8	14.0
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	8.24	0.45	2.42	6.24	11.8	5.83
NO ₂ ⁻ -N	mg/l	0.84	1.03	1.35	1.84	0.62	1.14
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	4.74	6.25	6.51	6.14	5.06	5.74
T-P	mg/l	1.63	2.38	2.56	2.54	1.91	2.20
PO ₄ ³⁻ -P	mg/l	1.45	1.70	2.30	2.40	1.77	1.92
残留塩素	F/Tmg/l	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
電気伝導率	μS/cm	541	460	503	568	585	531
MBAS	mg/l	0.12	0.06	0.13	0.12	0.17	0.12
AGP	mg/l	440	191	285	366	481	353
水温	℃	20.0	26.1	21.1	16.6	13.9	19.5

表1 昭和60年度野火止用水水質調査結果(続き)

(4) St.4(新青梅街道)

項目	調査日	1985					平均
		5.17	8.29	10.24	12.12	2.25	
pH		7.2	7.4	7.2	7.7	7.3	7.4
BOD	mg/l	20	4.4	12	20	14	14
C-BOD	mg/l	3.2	3.0	2.8	4.4	3.4	3.4
COD	mg/l	16.3	12.0	11.4	14.2	14.8	13.7
SS	mg/l	65.3	35.5	9.2	7.5	7.1	24.9
DO	mg/l	6.4	6.2	6.3	6.8	7.7	6.7
大腸菌群数	MPN/100ml	4.6×10 ³	2.2×10 ³	3.3×10 ³	9.0×10 ³	2.4×10 ³	4.3×10 ³
T-N	mg/l	16.1	9.04	11.2	15.4	19.4	14.2
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	7.18	0.36	2.20	6.06	11.5	5.46
NO ₂ ⁻ -N	mg/l	0.80	0.87	1.26	1.73	0.57	1.05
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	4.94	6.53	6.72	6.39	5.35	5.99
T-P	mg/l	1.75	2.33	2.54	2.51	1.91	2.21
PO ₄ ³⁻ -P	mg/l	1.28	2.18	2.32	2.38	1.75	1.98
残留塩素	F/Tmg/l	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
電気伝導率	μS/cm	547	459	502	568	582	532
MBAS	mg/l	0.10	0.06	0.16	0.13	0.17	0.12
AGP	mg/l	422	205	292	362	461	348
水温	℃	20.2	26.1	21.1	16.5	13.7	19.5

(5) St.5(小金井街道)

項目	調査日	1985					平均
		5.17	8.29	10.24	12.12	2.25	
pH		7.2	7.5	7.4	7.3	7.4	7.4
BOD	mg/l	18	2.9	11	24	20	15
C-BOD	mg/l	3.3	2.4	3.9	4.8	4.6	3.8
COD	mg/l	14.4	13.1	13.6	14.0	15.3	14.1
SS	mg/l	43.6	53.3	37.6	17.6	24.2	35.3
DO	mg/l	4.8	5.9	6.2	6.1	7.8	6.2
大腸菌群数	MPN/100ml	1.8×10 ⁴	1.1×10 ⁴	7.0×10 ³	3.3×10 ⁴	2.3×10 ²	1.4×10 ⁴
T-N	mg/l	16.3	9.43	11.5	15.6	18.7	14.3
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	6.60	0.08	1.55	5.20	10.1	4.71
NO ₂ ⁻ -N	mg/l	0.79	0.29	0.88	1.24	0.43	0.73
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	6.25	7.73	7.76	7.78	6.65	7.23
T-P	mg/l	1.68	1.99	2.49	2.39	1.97	2.10
PO ₄ ³⁻ -P	mg/l	1.43	1.90	2.10	2.20	1.67	1.86
残留塩素	F/Tmg/l	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
電気伝導率	μS/cm	545	456	493	550	561	521
MBAS	mg/l	0.12	0.05	0.17	0.14	0.21	0.14
AGP	mg/l	437	211	259	358	476	348
水温	℃	21.0	26.7	20.5	14.0	12.3	18.9

注) T: 残留塩素, F: 遊離残留塩素

(6) 有害物質(ふれあい橋)

事項	水質 mg/l		底質 mg/kg	
	1985.7.25	1985.12.12	1985.7.25	1985.12.12
カドミウム	ND(<0.002)	ND(<0.002)	0.31	0.24
シアン	ND(<0.1)	ND(<0.1)	-	-
有機りん	ND(<0.1)	ND(<0.1)	-	-
鉛	ND(<0.01)	ND(<0.01)	18	27
クロム(6価)	ND(<0.05)	ND(<0.05)	-	-
ヒ素	ND(<0.001)	ND(<0.001)	6.6	5.9
総水銀	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	0.11	0.11
アルキル水銀	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.01)	ND(<0.01)
P.C.B	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.01)	ND(<0.01)

注) ND: 検出せず

表2 連続調査結果

1985年7月25日実施

項目	調査時刻	11:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	平均
pH		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
BOD	mg/l	11	10	10	8.9	9.8	8.8	9.8
C-BOD	mg/l	3.1	2.9	3.0	3.1	3.0	2.9	3.0
COD	mg/l	9.2	9.2	9.3	9.3	9.6	9.3	9.3
SS	mg/l	1.4	1.4	1.4	1.1	1.1	0.9	1.2
DO	mg/l	4.8	4.8	4.5	4.6	4.5	4.3	4.6
大腸菌群数	MPN/100ml	3.3×10^2	3.3×10^2	4.9×10^2	2.4×10^2	2.4×10^2	-	3.3×10^2
T-N	mg/l	9.15	9.49	8.87	8.81	8.59	8.42	8.89
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	2.24	2.26	2.16	1.99	1.66	1.60	1.99
NO ₂ ⁻ -N	mg/l	1.33	1.30	1.33	1.34	1.35	1.25	1.32
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	4.51	4.46	4.35	4.60	4.83	4.77	4.59
T-P	mg/l	1.91	1.93	1.93	1.81	1.62	1.33	1.76
PO ₄ ³⁻ -P	mg/l	1.87	1.67	1.65	1.78	1.60	1.31	1.65
残留塩素	F/Tmg/l	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
電気伝導率	μS/cm	484	482	481	475	470	464	476
MBAS	mg/l	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.07
水温	°C	22.6	22.7	22.6	22.8	23.1	23.3	22.9

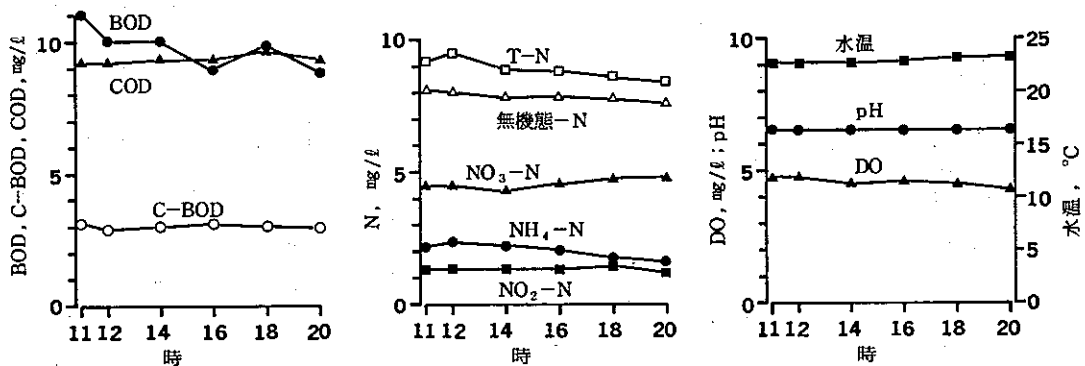


図2 St. 2における水質の時間変動

でBODが高くなるのは、導水管が1.0.7km (St. 1~St. 2) があるため、残留塩素が消失し、その後導水管内や野火止用水中で硝化菌の増殖が行われているためであろう。

(3) COD

CODは、概ね10~16mg/lの範囲であり、BODと比較してSt間でもまた測定日間でも変動の小さいことが特徴である。

(4) SS

放流水は、砂ろ過によってSS分を除去したものである。従って、St. 1およびSt. 2では、SSは1~3mg/lと小さい。下流のSt. 3~St. 5ではこれより増加するが、St間のCOD変化は小さいことから、下流のSSは主に底泥から巻き上げられた土壌粒子と考えられる。

(5) DO

野火止用水で、DOは、ほぼ5mg/l以上の水準を保持している。従って、水生生物の生存条件としては良好な状態といえる。

(6) 大腸菌群数

大腸菌群数の最大値は、 4.9×10^4 MPN/100mlである。一般的傾向として下流側で増加する。汚水等の流入の有無の確認が必要である。

(7) 窒素化合物

T-Nとして8~17mg/lであり、下水処理水としては通常の値であるが、一般の河川水と比べると高い値である。

野火止用水でのNH₄-NとNO₃-Nの関係を見ると、常に、下流にゆくにしたがって、NH₄-Nが減少し、逆

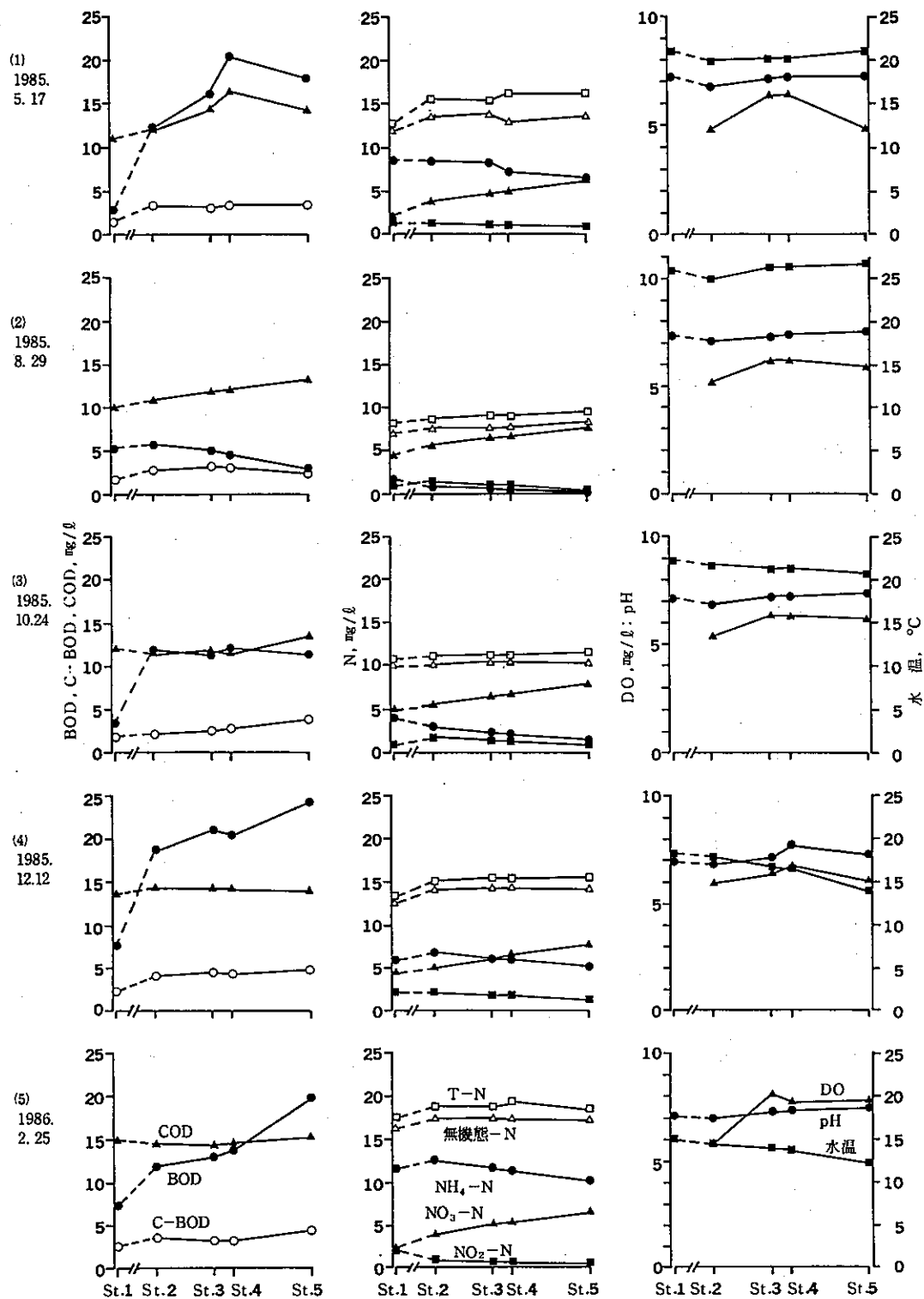


図3 野火止用水の水質

にNO₃-Nが増加してゆくことが分る。また、NO₂-NはSt. 2~St. 5で、0.29~2.22 mg/ℓ (平均1.09 mg/ℓ)であり、一般の河川と比べると高い値である。これらのことから野火止用水においてNH₄-Nの酸化が起っていることが推察される。

NH₄-Nの酸化を確認するため、次の室内実験を行った(図4参照)。野火止用水で採取した水にNH₄Clを添加して試験水を作成した。この試験水をビーカーにとり、20℃で通気し、NH₄-Nの濃度変化を調べた。また、同時に野火止用水中に約2カ月間浸漬した素焼き板をその中に入れた実験も行なった。図4からわかるように、試験水のみでは、NH₄-Nは酸化されにくい。しかし、底泥のモデルである素焼き板が共存すると、容易にNH₄-Nは酸化され、NO₃-Nが生成する。また、一定量の素焼き板に対して、水量が少ない程、酸化が速く進む。

この結果は、水中のNH₄-Nは、野火止用水を流下する間に、主に底泥表面の硝化菌の作用で酸化されて、NO₃-Nに変化することを示している。

(8) リン化合物

T-Pは概ね1~3 mg/ℓの範囲であり、PO₄-Pがその大部分を占める。一般の河川と比べると高い値である。

(9) 残留塩素

残留塩素は、St. 1以外では検出されず、導水管中で消失していることが分る。St. 1では0.2~1.0 mg/ℓで、その殆んどは結合型残留塩素である。病原菌対策等のために下水処理水の塩素処理は必要であるが、河川水中に残留塩素が存在すると水生生物に悪影響を及ぼす。処理場で塩素処理を行い、野火止用水では検出されない現状は、水生生物の生息条件としては、良好と言える。

(10) 電気伝導率

電気伝導率は、概ね400~600 μS/cmで、同一調査日での変動は少ない。

(11) MBAS

MBAS濃度は、0.04~0.21 mg/ℓの範囲である。St. 2(放流口)では、5~12月には泡立ちが殆んど見られず、この時のMBAS濃度は0.04~0.15 mg/ℓであった。しかし、2月には著しく発泡し、泡はかなり下流まで続いていた。この時のMBAS濃度は0.16 mg/ℓで

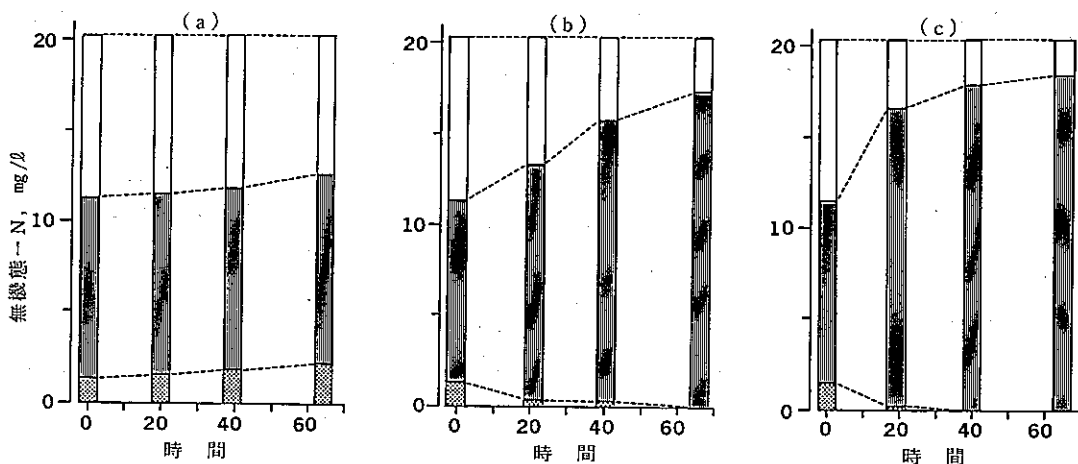


図4 室内実験における水質変化

(水温: 20℃, ばっ気によりかきまぜた。)

- (a) NH₄Clを約34 mg/ℓとなるように添加したSt. 2の水のみの系。
- (b) (a)の水4ℓに素焼きの板(面積143 cm², 野火止用水に約2ヶ月浸漬したもの)を入れた系。素焼きの板に対して水深は28 cmである。
- (c) (a)の水1ℓに素焼きの板(b)と同じもの)を入れた系。素焼きの板に対する水深は7.0 cmである。

□ NH₄-N, ▨ NO₃-N, ▩ NO₂-N

あり、通常いわれる発泡限界 0.5 mg/l より低かった。St. 2は、落差が大きく発泡しやすい構造であるため、このような著しい発泡を起したものと思われる。しかし、12月にはMBASが 0.15 mg/l で殆んど発泡せず、2月に 0.16 mg/l で著しく発泡した理由は定かではない。発泡の評価項目としてMBASだけでは十分ではなさそうである。

(12) AGP

AGPは、殆んどの場合数 100 mg/l と高い値で、これはN、Pの濃度が高いことを反映している。AGPと無機態-NおよびAGPと $\text{PO}_4\text{-P}$ の関係を図5に示す。図から見て、AGPは $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度とは無関係で、無機態-N濃度に比例して増加している。この試験の結果から、野火止用水の水が停滞水域に流入した場合の藻類の増殖について考えると、Nが制限要因となる可能性のあることが分る。

(13) 水温

野火止用水の水温は、下水処理水を水源としているため、上流では冬でもかなり高いことが特徴である。しかし、下流になると気温に大きく依存するようになってく

る。

(14) 有害物質

有害物質については、分析結果(表1-(6))から見て、問題はないが、引き続きモニタリングしてゆくことが必要である。

4 おわりに

野火止用水の通水後2年余りが経過した。現在では、地域の風景の中に自然な形で溶け込んでいる。このような環境改善のための下水処理水の積極的活用は、今後の環境政策の一つの方向を示すものであろう。

最後に、調査にあたって御協力いただいた多摩川上流処理場の方々に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 津久井公昭他：清流の復活に関する研究(その1)
昭和59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, 114, (1986)

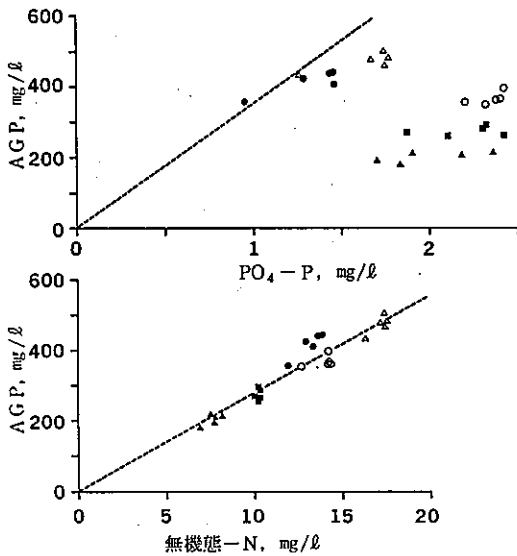


図5 野火止用水のAGPと栄養塩類濃度との関係

(点線は、標準培地を用いて得られたAGPと栄養塩類濃度との関係を示す。)

試料：●5月, ▲8月, ■10月, ○12月, △2月