

オゾン処理水放流水路の生物相

大野正彦 津久井公昭

要 旨

オゾン処理が水生生物に及ぼす影響を知るため、オゾン処理水放流小水路における底生動物、付着藻類および魚類の流程分布について調べた。BOD、COD、窒素、リンおよび数種のイオンは上流部と下流部で違いはみられなかった。放流口のpHは低く(5.5-6.2)、溶存酸素濃度は高かった(>15mg/L)。流下に伴いそれらは通常値になった。貝類と緑藻(*Stigeoclonium*)は放流口で優占した。100mほど流下すると、ユスリカ幼虫や珪藻が増加し、藍藻も出現した。成魚や未成魚は放流口直下にも生息していたが、そこでは仔・稚魚は採集されなかった。仔・稚魚は下流部で多数採集された。オゾン処理の影響は、放流口近くの限られた場所でみられた。

キーワード：オゾン処理、下水、流程分布、底生動物、付着藻類、魚類

1 はじめに

オゾン処理は塩素消毒の代替技術として多くの水処理施設で使われている¹⁾。塩素消毒が処理過程で有害物質を生成したり、放流先の生態系を破壊しがちなことに比べ、オゾン処理は安全で多くの利点があるとみなされている¹⁻²⁾。2次処理水の消毒法として我が国では1990年に認可された³⁾。

しかし、オゾン処理放流先の生態系への悪影響がないとは断言できないといわれる⁴⁾。それを確かめるために野外調査が必要なのだが、オゾン処理水が放流されている河川・水路で生物を調べた報告は少ない。処理水を水源とする水路においてユスリカの減少⁵⁻⁶⁾、付着藻類増殖の低下⁷⁻⁸⁾が報告されている。一方、オゾン処理水が流入する河川では、処理水の影響は顕著でなく、汚濁水域に多い藻類の出現⁹⁾、底生動物群集の変化の小さいこと¹⁰⁾、流入地点に数多くの魚影がみられること¹¹⁾などが報じられている。オゾン処理水により生物相がどう変化するか明確な結果は得られていない。

東京都は水の枯渇した河川の環境を改善するため、高度に処理した下水処理水を放流している。オゾン処理水放流河川水路の生物相を調べ、オゾン処理水の影

響を検討することは、今後の施策の上で重要と思われる。

2 調査地点

北沢川緑道水路(図1、2)は、世田谷区代沢5丁目から池尻3丁目までの約1kmの小水路である。暗渠となった従来の北沢川の上に造られ、落合処理場の処理水を用いて1997年3月に通水された¹²⁾。目黒川に送られる水(二次処理後砂ろ過・照射量45mW・S/cm²で紫外線処理された水)を池尻4丁目(池尻北児童遊園地下)において分水し、代沢せせらぎ公園(代沢4丁目)のオゾン処理施設でオゾン処理し(オゾン注入率約6mg/L、反応時間10分間、滞留時間30分間)、3カ所の放流口から総計画水量1,800m³/日で流している。処理施設から最上流の放流口(橋場橋)までの管の長さは約450mで、処理水は約8分間で到達する。他から流入する水はない。東仲橋付近で暗渠となり、最終的に目黒川に流入する。

橋場橋から下代田橋までは川幅約1.5m、水深約10cm、流速10~40cm/秒、底質は径3~5cmほどの角礫の、ほぼ均一な直線的な人工の小水路である。魚のために所々



図1 調査地点
 実線：開渠、破線：暗渠

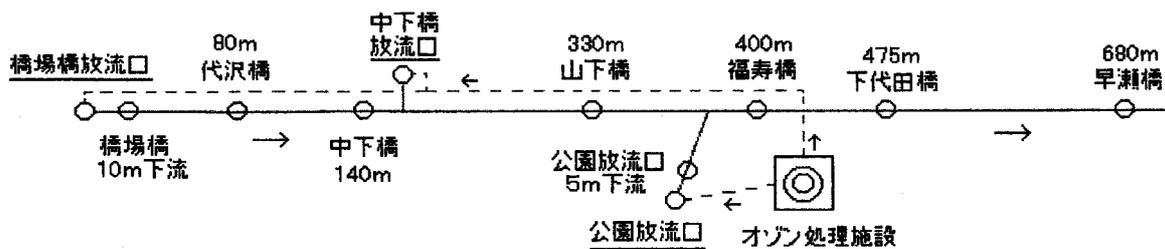


図2 北沢川緑道水路調査地点
 距離は橋場橋放流口からの距離
 実線：水路（開渠）
 破線：オゾン処理施設から各放流口までの導管（暗渠）

に柵が埋められ深くなった箇所がある。水路の脇は植栽され、散歩歩道が水路に沿い、そこには落葉樹が植えられている。代沢橋までの上流部はよく日が当たるが、下流になるにつれ樹影のため暗くなった。下代田橋以降は川幅が約20cmと深くなり、径20cm程度の丸石が積み、その石の表面に細泥が付着していた。橋場橋

から下代田橋までの区間約475mの生物を調べた。なお、水質の変化を知るため、早瀬橋（橋場橋から680m下流）においても採水した。

比較のため、上記のオゾン処理を行う手前の水が流れる目黒川（計画水量30,200m³/日）と渋谷川（同19,900m³/日）の順流部、それぞれ3、4地点を選んだ

(図1)。放流水は目黒川、渋谷川に流入するそれぞれ1040、40m手前で紫外線により処理される。両河川ともコンクリート3面張りの典型的な都市河川である。なお、両河川は水が枯渇し腐敗していたため、呑川とともに1995年3月に処理水が導入された。

3 調査時期・方法

(1) 調査時期・調査項目

北沢川緑道水路の肉眼的底生動物（以下、底生動物と称す）と付着藻類を1999年7、10月に調べた。また、同年9月に魚類、10月に水生高等植物（水生の維管束植物、いわゆる水草。以下水草と称す）の調査を行った。水質等環境要因調査は前記の7、10月の生物調査時と9月（魚類調査の2日前）に行った。目黒川と渋谷川の生物・水質調査は10月に行った。

(2) 調査方法

① 水質等環境要因

水温、pH、溶存酸素濃度および電気伝導度は、現地で水質測定器（堀場製作所水質チェッカーU-10）を用いて測定した。同様に、現場で溶存オゾン濃度をオゾン計（ハック社）で、残留塩素をパックテスト（共立理化学研究所）で測定した。

また、各地点で採水し、アイスボックスに入れて持ち帰り、BOD、COD、栄養塩類（硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素、りん酸性りん）、3種の陰イオン（塩素イオン等）、4種の陽イオン（ナトリウム等）を測定した。CODは工場排水試験法（JISK 0102）に準拠し、栄養塩類はオートアナライザー（ブラウンリュウベ社）、陰・陽イオンはイオンクロマトグラフ（ダイオネクス社DX-500）で測定した。

生物（底生動物、付着藻類）の採集箇所の川幅を巻き尺で、水深を物差しで測定した。表層（表面から3cm下）と底層（河床の2cm上）の流速を流速計（コスモ理研CR-7WP）で測定した。底質を記録した。

② 底生動物

'99年7月では15cm×15cmの枠を河床に置き、下流側に柄付きのナイロン網（横30cm、縦20cm、網目約0.5mm）を立てた。近くに柵が埋められている場合は、柵の上流側を採集箇所とした。枠内の礫（深さ10cm程度）を網内に入れ、その後、枠内をブラシでよくかき混ぜて網に流下させた。10月の調査では25cm×25cmの枠を用いた。網内の採集物をバットにあげ、ポリエチレン瓶に入れ、

ホルマリンを全量の5%になるように加えた。各地点で1回の採集を試みた。なお、各網は1回きりの使用とした。

実験室において、ホルマリン固定の試料を二段重ねのふるい（目の開き0.25、0.07mm）にあげ、水洗後、実体顕微鏡下で底生動物を拾い、その同定と個体数を数えた。

③ 付着藻類

礫表面に5cm×5cmの薄いゴム布を当て、周囲の藻類を歯ブラシで落とした。ゴムを取り去り、残った5cm平方の藻類をよく洗った歯ブラシで擦りバット内に集めた。それをポリエチレン瓶に入れ、ホルマリンを全量の5%になるように加えた。

静置後、全量を100mLとし、希釈して顕微鏡下で細胞数（生細胞）を測定し、単位面積当たりの細胞数を算定した。また、1000細胞を調べて種類の割合を算定した。

④ 魚類

各地点の6mの区間で、たも網（35cm×30cm、網目3mm）やサラン網（50cm×40cm、網目0.5mm）を用いて魚を採集した。また、河床が深くなった箇所でも、上記のナイロン網で採集した。なお、各調査地点の区域内に柵または緩やかな場所がある場合は、最初に稚魚を採集し、次に6m区間で採集した。

採れた魚は直ちにホルマリンで固定した。よく水洗し、種の同定の後、全長を測定した。

⑤ 水草

流路に沿って歩き、生育している水草を記録した。

4 結果と考察

(1) 水質等環境要因

7、9、10月の調査結果を表1に示す。水温は地点間に大きな変化はみられなかった。3つの放流口の処理水pHは5.5~6.2と低く、流下に伴い徐々に増加した。逆に、放流口の溶存酸素濃度は高く、19mg/L以上の値を示すこともあった（中下橋放流口では水深が3cm程度なので溶存酸素の測定できず）。溶存酸素濃度も流下するにつれ徐々に低下して飽和濃度に近づいた。なお、ここでは電極法を用いたが、ウィンクラー法と比較したところ、両者の測定値はほぼ一致した。また、放流口（橋場橋直下、公園放流口）で微量の溶存オゾンを検出した。

一方、電気伝導度、BOD、COD、栄養塩類、7種の

表1 北沢川緑道水路の水質等環境要因
灰色の欄は処理水放流口

1999年7月28日												
項目	橋場橋 処理水放流口	橋場橋 10m下流	中下橋上	中下橋下 北沢水放流口	山下橋上	公園	公園 処理水放流口	橋場橋上	下代田橋上	早瀬橋上	灰色欄	
橋場橋放流口からの距離 m	0	10	150	180	330	340	400					
調査時刻	14:10	14:30	18:18	13:35	13:45	13:30	13:30					
流速 cm/秒	35	21	24	30	14	14	18					
水深 cm	5.5	8	7.5	2.5	5.5	8.5	8.5					
底質	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)					
水温 °C	23.1	23.2	21.2	20.9	21.8	23.5	23.8					
pH	8.0	8.0	8.3	8.3	8.18	8.11	8.05					
溶存酸素濃度 mg/L*	>18.80	18.52	13.78	—	16.92	16.01	8.84					
電気伝導度 μS/cm	382	384	356	384	552	553	394					
濁度	0	0	0	0	0	0	0					
塩分 ‰	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
*27.0°C時の飽和濃度 7.87mg/L												
1999年9月18, 17日**												
項目	橋場橋 処理水放流口	橋場橋 10m下流	代沢橋 10m上流	中下橋 10m上流	中下橋 10m下流	山下橋上	公園 処理水放流口	公園 処理水放流口 5m下流	橋場橋上	下代田橋上	早瀬橋上	灰色欄
橋場橋放流口からの距離 m	0	10	62	96	140	150	188	330	400	478	680	
調査時刻	10:50	10:50	11:18	11:18	11:30	10:08	10:30	10:00	10:00	8:28	11:48	12:08
流速 cm/秒 (流速)	35	17	41	—	30	31	—	48	17	14	80	23
水深 cm (流速)	24	10	30	—	20	19	—	35	—	8	41	18
水深 cm	8	8.8	8	—	8.8	8	—	8.8	—	6.8	9	13
川幅 cm	87	108	181	—	134	127	—	188	81	82	186	140
底質	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)
水温 °C	21.8	21.8	21.7	21.8	21.7	21.8	23.3	23.6	23.8	21.7	21.7	21.7
pH	8.78	8.98	8.18	8.18	8.23	8.37	8.18	8.88	8.18	8.2	8.88	8.88
溶存酸素濃度 mg/L*	>18.80	18.28	18.82	18.28	14.11	13.93	—	10.28	18.82	18.18	8.88	8.18
電気伝導度 μS/cm	378	380	382	382	381	400	—	412	461	461	376	387
濁度	0	0	0	0	1	0	—	1	0	1	1	3
塩分 ‰	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	—	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
BOD mg/L	1.2	0.9	—	—	—	1.0	—	1.0	—	0.9	0.8	0.7
COD mg/L	3.4	3.0	—	—	—	3.2	—	3.4	—	3.8	3.4	3.5
アンモニア性窒素 mg/L	0.2	0.2	—	—	—	0.2	—	0.2	—	0.1	0.1	0.1
亜硝酸性窒素 mg/L	0.0	0.0	—	—	—	0.0	—	0.0	—	0.0	0.0	0.0
硝酸性窒素 mg/L	8.4	8.3	—	—	—	8.2	—	8.2	—	8.8	8.8	8.7
VA-窒素VA mg/L	0.8	0.8	—	—	—	0.8	—	0.8	—	0.8	0.8	0.8
遊離亜硝酸 mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cl ⁻ mg/L	48.8	47.8	—	—	—	48.8	—	48.8	—	48.2	49.8	51.1
NO ₃ ⁻ mg/L	34.8	35.8	—	—	—	35.8	—	36.4	—	36.6	37.7	38.2
NO ₂ ⁻ mg/L	38.2	38.8	—	—	—	40.7	—	41.0	—	43.2	40.4	41.4
Na ⁺ mg/L	39.1	39.5	—	—	—	41.8	—	42.4	—	45.3	41.8	43.2
K ⁺ mg/L	8.4	8.2	—	—	—	8.8	—	10.0	—	10.8	8.0	10.4
Mg ²⁺ mg/L	3.8	3.8	—	—	—	4.1	—	4.1	—	4.8	4.2	4.3
Ca ²⁺ mg/L	8.1	8.2	—	—	—	10.2	—	10.8	—	11.8	8.8	9.8
*27.0°C時の飽和濃度 7.77mg/L **水質は9月15日に、流速、水深、川幅、底質は17日に測定。												
1999年10月28日												
項目	橋場橋 処理水放流口	橋場橋 10m下流	代沢橋 10m上流	中下橋 10m上流	中下橋 10m下流	山下橋上	公園 処理水放流口	公園 処理水放流口 5m下流	橋場橋上	下代田橋上	早瀬橋上	灰色欄
橋場橋放流口からの距離 m	0	10	80	146	180	330	340	400	478	680		
調査時刻	12:38	12:38	13:00	12:08	12:48	12:30	—	12:30	12:08	11:58	11:48	
流速 cm/秒 (流速)	34	13	32	48	—	42	—	4	21	—	38	
水深 cm (流速)	31	10	28	28	—	18	—	4	15	—	23	
水深 cm	45	122	128	60	—	—	—	7.1	8.1	13.8	23.8	
川幅 cm	45	122	128	60	—	—	—	7.1	182	148	83	
底質	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	礫(小~中)	
水温 °C	20.8	20.9	20.9	21.1	20.9	21.2	20.8	21.2	21.4	21.6	21.6	
pH	8.48	8.88	8.32	8.88	8.12	8.38	8.07	8.08	8.51	8.58	8.28	
溶存酸素濃度 mg/L*	>18.80	>18.80	>18.80	18.81	—	14.48	—	>18.80	13.58	11.88	10.33	
電気伝導度 μS/cm	212	211	208	208	214	200	—	208	196	191	183	
濁度	0	0	0	0	0	1	—	0	2	2	3	
塩分 ‰	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	
BOD mg/L	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	—	0.8	0.8	0.8	0.8	
COD mg/L	1.3	1.2	1.4	1.4	1.2	1.8	—	1.8	1.4	2.8	1.8	
アンモニア性窒素 mg/L	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	—	0.1	0.1	0.1	0.1	
亜硝酸性窒素 mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	0.0	
硝酸性窒素 mg/L	8.0	8.2	7.7	7.4	7.8	7.3	—	7.8	7.8	7.3	8.2	
VA-窒素VA mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	—	0.1	0.1	0.2	0.3	
遊離亜硝酸 mg/L	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.01	0.00	0.00	—	
Cl ⁻ mg/L	28.0	24.2	23.8	23.9	24.1	22.4	—	23.2	20.8	10.4	28.2	
NO ₃ ⁻ mg/L	35.3	31.2	28.8	30.1	30.0	28.8	—	28.3	30.8	10.0	24.9	
NO ₂ ⁻ mg/L	22.8	22.1	22.5	22.8	22.2	22.7	—	21.2	18.4	14.1	17.5	
Na ⁺ mg/L	20.5	20.2	18.9	20.5	20.2	18.9	—	19.2	10.4	17.7	8.4	
K ⁺ mg/L	4.8	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	—	4.4	4.4	3.1	4.5	
Mg ²⁺ mg/L	2.5	2.4	2.2	2.8	2.7	2.1	—	2.2	1.8	0.8	1.7	
Ca ²⁺ mg/L	8.1	7.9	7.7	8.1	8.1	7.1	—	7.8	6.4	3.0	8.2	
*20.0°C時の飽和濃度 8.71mg/L												

陰・陽イオンは地点間で大きな差がなく、流程変化はみられなかった。これらの値がほとんど変化しないことから、橋場橋から早瀬橋の間(約680m)に汚水等の流入がないことを確認できた。

(2) 底生動物と付着藻類

7、10月の調査結果を表2に示す。やや汚れた河川に多くみられる種が採集された。貧弱な底生動物相といえる。

種により分布形態が異なった。顕著な例が貝類とユスリカである(図3)。放流口では、ヒメモノアラガイ、

サカマキガイ、カワニナ等の貝類が多く、前2種の卵が河床の礫に多数付着していた。しかし、そこでは多くの水域で優占種となるユスリカ(幼虫と蛹)が少なかった。一方、放流口から離れると、貝類が減りユスリカが多くなった。貝類でも分布が異なり、上流の放流口(橋場橋と中下橋)ではヒメモノアラガイ、サカマキガイがみられ、下流の公園放流口ではカワニナ(通水後まもなく公園放流口に放流)とサカマキガイが生息し、ヒメモノアラガイは採れなかった。なお、ここではカワコザラを省いて議論している。カワコザラは、

表2 北沢川緑道水路の肉眼的底生動物

灰色の欄：処理水放流口

※貝の卵は主にヒメモノアラガイとサカマキガイの卵、カワニナは胎生

1999年7月26日

底生動物	橋場橋 処理水放流口	橋場橋 10m下流	中下橋上	中下橋下 処理水放流口	山下橋上	公園 処理水放流口	福寿橋上
ウズムシ		1	14				
ミミズ	43	135	32	62	11		11
ヒル	1						3
カワニナ						32	
ヒメモノアラガイ	14	10		22	1		
サカマキガイ	4	3		1		22	
カワコザラガイ		62	8		1		10
ミズムシ					8	3	64
コカゲロウ			1		8		
コガタシマトビケラ			1		8		
ヒメトビケラ					2		
ブユ				1			
ユスリカ	14	5	296	3	1142		366
ヌカカ					1		
チョウバエ							
貝の卵*	105	194	18	56	0	3	0

数字は個体数/15×15 cm²

1999年10月29日

底生動物	橋場橋 処理水放流口	橋場橋 10m下流	代沢橋 10m上流	中下橋 8m上流	中下橋下 処理水放流口	山下橋上	公園 処理水放流口	福寿橋上	下代田橋上
ウズムシ	2	21	10	8		25	1	5	
ミミズ	46	624	1233	176	17	2667	50	2031	343
ヒル	14	17	69	5		1		2	1
カワニナ							11		
ヒメモノアラガイ	81	103	69		39				
サカマキガイ	913	95	173		46	1	1		
カワコザラガイ	1	13	446	480	1	161	58	310	204
ヒラマキガイ		1							
ミズムシ		1				652	6	267	484
アメリカザリガニ								2	8
コカゲロウ	2	2	74	14	2	39		70	2
コガタシマトビケラ	1	1	416	153	37	378	4	214	3
ヒメトビケラ				4		2		3	
ブユ									1
ユスリカ	2	2	83	217	2	148		225	167
ヌカカ		1						1	1
貝の卵*	59	72	182	0	0	0	1	0	0

数字は個体数/25×25 cm²

サカマキガイ等(成貝の殻高10mm程度)に比べ格段に小型(同1.5mm程度)であり、落葉があると爆発的に個体数を増加させるため、集計しなかった。

付着藻類でも種類により分布形態が異なっていた。放流口では緑藻スティゲオクロニウム(*Stigeoclonium* spp.)が優占し、流下に伴い藍藻が出現し、珪藻の占める割合が大きくなった(図4)。付着藻類の変化は底生動物の変化と符合していた。上流部のほうが樹木が少なく、日当たりがよいため、付着藻類の細胞数が多かった。

(3) 魚類

オイカワ、フナ(キンギョ)、ドジョウ、メダカ、グッピーが採れた(表3)。6m区間の採集では、調査した最下流部の下代田橋でオイカワ仔・稚魚(全長0.79~1.88cm)が最も多く採れた。また、橋場橋10m下ではオイカワの成魚と多数の未成魚を確認した。

一方、柵を埋め込んだ深み(34cm×40cmの2つの柵を

付けて埋め込む)にはオイカワ仔・稚魚がみられた。下流部(山下橋、下代田橋)の深みは上記の窪みより大きく、仔・稚魚が多数採集され、特に、下代田橋の大きな深み(180cm×60cm、深さ25cm)で多かった。下代田橋では、流れの緩やかな箇所を生息場所として利用していたことがわかった。そのため、6mの区間採集でもオイカワ仔・稚魚が多数採れたのであろう。

このオイカワ仔・稚魚は調査年(1999年)に生まれた世代である¹³⁾。暗渠を通して下流の目黒川から上ってくるとは思われない(目黒川の順流部は魚生息せず)。北沢川緑道の水路でオイカワが再生産されていることがわかる。しかし、フナ(キンギョ)、メダカ等の仔・稚魚は採れず、生活環を繰り返しているかわからなかった。

なお、当時、北沢川緑道では蚊が大発生していた。上記の流路中の窪地や、水路に設けられた淀みには蚊の幼虫・蛹は採れなかった。水路に沿った歩道側溝の

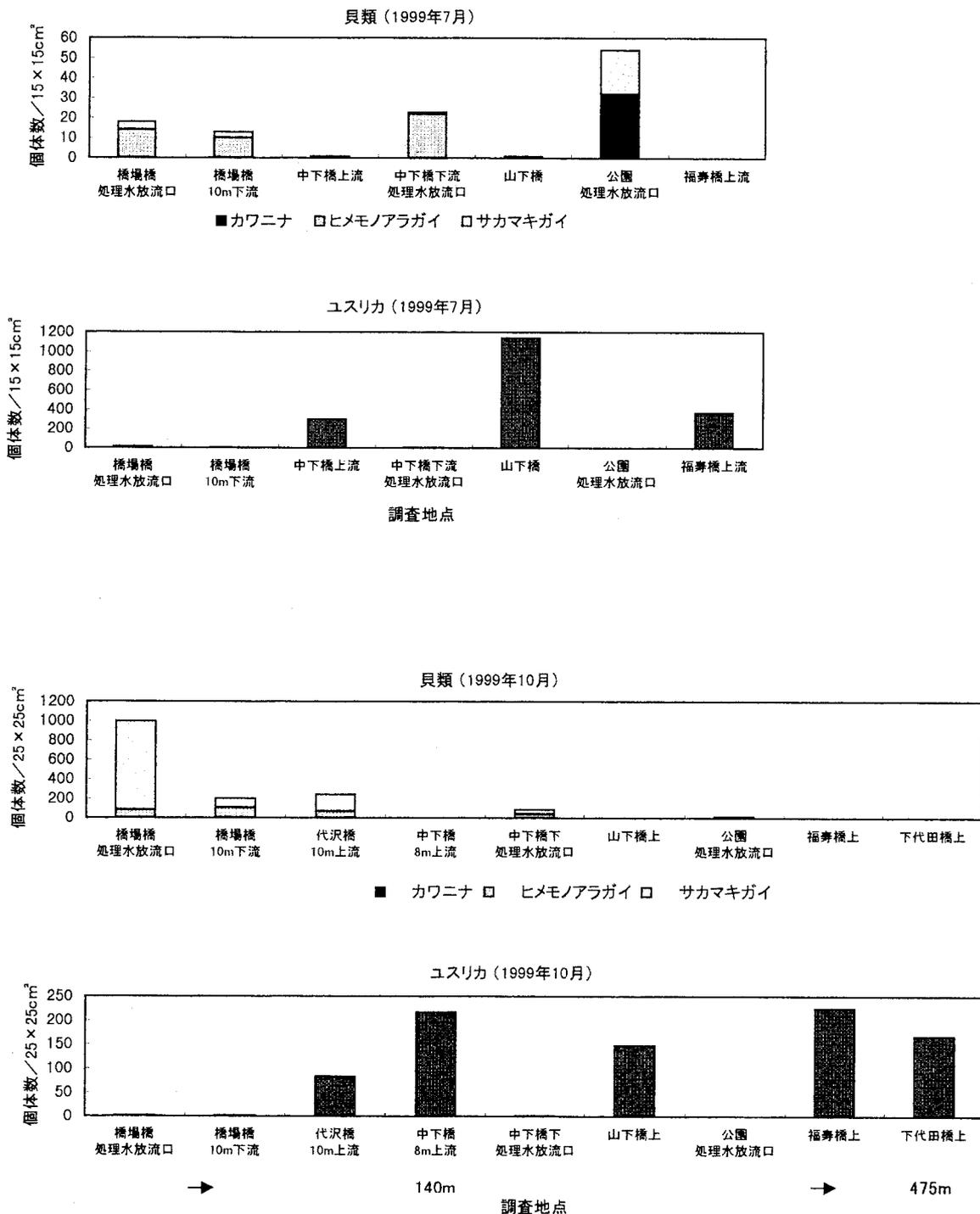


図3 北沢川緑道水路の貝類とユスリカの流程分布
矢印：水の流れ、距離：橋場橋放流口からの距離

雨水樹にアカイエカ、ヒトスジシマカが多数生息していた。

(4) 水草

水路にはセリ、セキショウ、ヒメガマ、サンカクイ、フトイ、クワイと帰化種5種（オランダガラシ、キショウブ、ホテイアオイ、ボタンウキクサ、オオフサモ）、

園芸種1種（ハナショウブ）、計12種の水草がみられた。これらは水路造成後に植栽および放流されたものである。

帰化種とセキショウが繁茂していた。橋場橋と中下橋の放流口には水草がみられず、公園放流口でセキショウが生育していた。

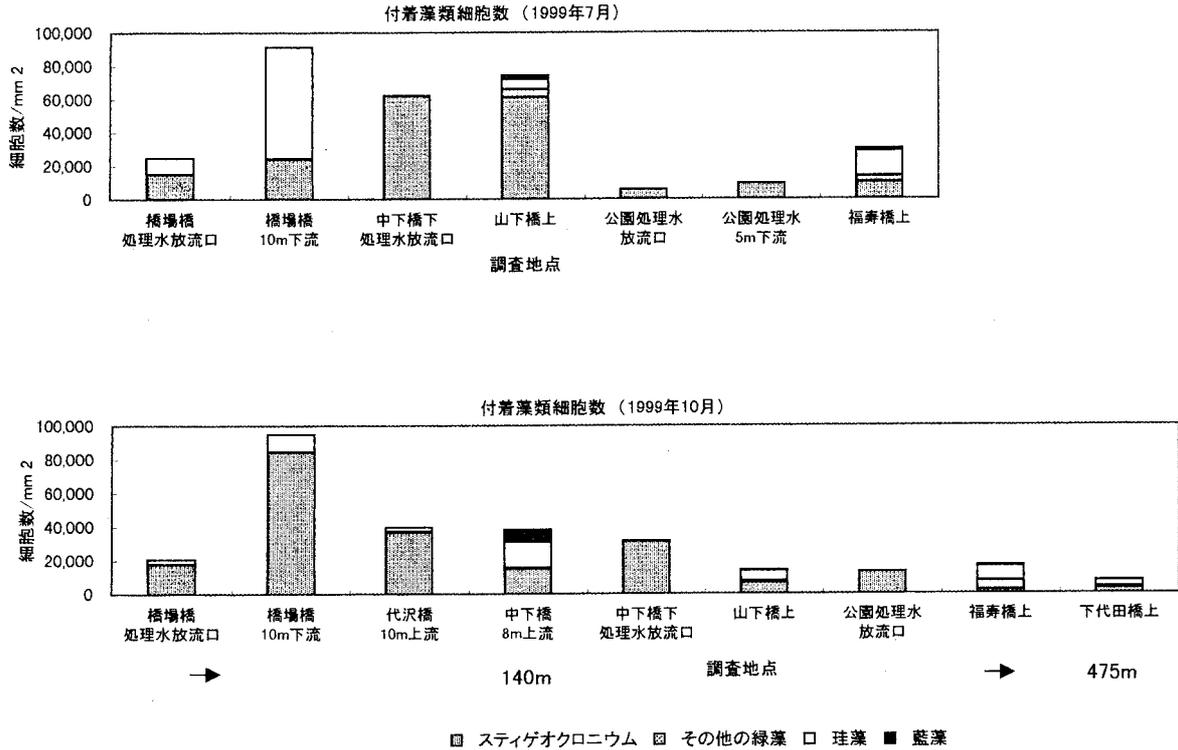


図4 北沢川緑道水路の付着藻類の流程分布
矢印：水の流れ、距離：橋場橋放流口からの距離

表3 北沢川緑道水路の魚類調査

灰色の欄：処理水放流口
数字：採集体数、括弧の中の数字：全長の平均値 (cm)
**：多数みられた、-：採集されず

調査した区間 (約6m)

魚類	橋場橋直下	橋場橋下	代沢橋上	中下橋上	中下橋下	稲荷橋上	山下橋上	公園放流口下	福寿橋上	下代田橋上
オイカワ		1 (6.48)**							2 (2.06)	71 (0.97)
フナ		1 (7.32)								
キンギョ(ヒブナ)	1 (6.1)			1 (5.62)		1 (5.00)				1 (4.30)
ドジョウ			-	1 (7.07)	1 (8.04)		1 (9.10)	-		
メダカ(クロメダカ)				3 (3.07)	3 (2.69)	2 (2.87)	1 (3.75)		5 (2.65)	
ヒメダカ						1 (4.00)				
グッピー	3 (2.51)	1 (2.29)								2 (1.47)

水路の中の樹

場所	橋場橋下	橋場橋下	代沢橋上	代沢橋下	中下橋上	中下橋下	中下橋下	一本橋上	一本橋上
流れに対し横断面の長さ (cm)	40	34*2	40	34*2	34*2	34*2	34*2	34*2	110
同縦断面の長さ (cm)	34*2	40	34*2	40	40	40	40	40	60
深さ (cm)	7.5	17	17	6.5	18	17	16	15	21
樹の個数	2	2	2	2	2	2	2	2	1
オイカワ				1 (1.71)	1 (2.26)	6 (2.01)	10 (1.92)	3 (1.68)	8 (1.55)
キンギョ(ヒブナ)					3 (5.13)				
ドジョウ					1 (11.43)				

場所	一本橋下	稲荷橋上	稲荷橋上	稲荷橋下	山下橋上	福寿橋上	下代田橋上	下代田橋上
流れに対し横断面の長さ (cm)	34*2	34*2	110	34*2	100	34*2	50*2	180
同縦断面の長さ (cm)	40	40	60	40	60	40	85	60
深さ (cm)	16	15	15	11	23	19	23	25
樹の個数	2	2	1	2	1	2	2	1
オイカワ			5 (1.31)	4 (1.71)	43 (1.15)		28 (1.23)	101 (1.22)
キンギョ(ヒブナ)								
ドジョウ								

(5) 目黒川と渋谷川の生物相

両河川とも水質は流下の過程で大きく変化しなかった(表4)。北沢川緑道水路と異なり、両河川の放流水の溶存酸素濃度は飽和濃度に近くpHも6以上で、流下に伴い若干増すだけであった(渋谷川の放流口調査では処理水のみを採水した)。BOD、COD、栄養塩類および陰・陽イオンがほとんど変化しないことは、両河川の水量の大部分が処理水由来であることを物語った。

水質と同様、底生動物相も流下に伴う変化は小さかった(表5)。どの地点でもユスリカが優占種となった。調査した順流部で魚影をみることはなく、魚は生息していないといえる。

流下に伴う水質の変化が少なく、底生動物相は通常にみられる種類で変化しないことは、紫外線処理は残効性がなく、放流先の生態系に悪影響がないといわれる¹⁴⁾ことを裏付けた。

(6) 北沢川緑道水路における生物の分布要因

以上述べてきたように、北沢川緑道水路放流口では貝類が優占して緑藻スティゲオクロニウムが多く、流下するにつれユスリカが個体数を増し、珪藻や藍藻が

表5 目黒川・渋谷川の肉眼的底生動物と魚類
灰色の欄：処理水放流口
数字：個体数/25×25cm²

目黒川(1999年10月7日)

底生動物	常盤橋		千歳橋		日の出橋	
	平面	斜面	ブロック面	ブロックの間	平面	斜面
ミス	19	122	46	671	77	75
ヒル				14	1	
カワコザラガイ	2	3	7	5	2	
サカマキガイ			4	20	31	2
ミスムシ		1				
コカゲロウ	38	1	87	144	77	15
ヒメビケラ	3		2			1
ユスリカ	2785	2299	974	314	2400	995
チョウバエ	1				1	
魚類	生息せず		生息せず		生息せず	

渋谷川(1999年10月14日)

底生動物	から橋	並木橋処理 水放流口	新並木橋	比丘橋
	ミス	175	150	34
ヒル	37	1	66	
サカマキガイ	21		2	1
カワコザラガイ	65	18	13	3
コカゲロウ	5	38	478	370
ヒメビケラ		1	1	
ユスリカ	2694	225	727	615
チョウバエ		1	1	
魚類	生息せず	生息せず	生息せず	生息せず

多くなった。水温、河床の底質や流速は地点間で大きく異なることはないため、底生動物や付着藻類の分布に処理水が影響を及ぼしていると考えられる。

放流口の処理水は低pH、過飽和の溶存酸素濃度で、流下に伴いそれぞれpH7、飽和濃度に近づいた。これ

表4 目黒川・渋谷川の水質等環境要因
灰色の欄は処理水放流口

項目	目黒川(1999年10月7日)			渋谷川(1999年10月14日)			
	常盤橋 平面	千歳橋 ブロック面	日の出橋 平面	から橋	並木橋 処理水放流口	新並木橋	比丘橋
流出口からの距離 m	20	840	1460	-125	1	6	515
調査時間	10:15	11:00	12:10	12:20	10:55	11:40	10:00
流速 cm/秒 (表層)	63	33	70	11	136	73	53
(底層)	55	22	48	8	123	58	41
水深 cm	12.0	9.7	14.5	3.5	12.3	10.6	11.5
川幅 m	8.0	11.7	5.4	4.18		4.22	4.3
底質	コンクリート平滑面			コンクリート平滑面	コンクリート平滑面	コンクリート平滑面	コンクリート平滑面
水温 °C	25.0	24.7	24.4	23.9	25.9	25.6	25.6
pH	6.75	6.82	7.25	6.90	6.23	6.35	6.63
溶存酸素濃度 mg/L *	8.26	9.95	9.74	8.36	7.74	7.71	9.52
電気伝導度 μS/cm	423	415	414	430	420	426	433
濁度	0	0	1	3	6	1	1
塩分 %	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
残留塩素 mg/L **	検出せず			—	—	—	—
BOD mg/L	0.3	0.4	0.5	1.2	0.6	0.5	0.7
COD mg/L	5.7	6.0	5.7	2.0	6.0	5.6	5.7
アンモニア性窒素 mg/L	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1
亜硝酸性窒素 mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
硝酸性窒素 mg/L	10.2	10.2	9.9	0.8	10.1	9.6	9.8
りん酸性りん mg/L	1.2	0.9	1.0	0.0	1.3	1.1	1.0
Cl ⁻ mg/L	49.7	49.6	48.9	29.7	51.1	50.0	50.0
NO ₃ ⁻ mg/L	41.5	42.0	39.9	1.7	40.9	39.9	39.6
SO ₄ ²⁻ mg/L	42.8	43.5	44.2	72.5	45.9	45.4	45.9
Na ⁺ mg/L	45.5	45.3	45.1	36.9	46.2	45.3	45.2
K ⁺ mg/L	10.5	10.5	10.3	5.5	10.7	10.4	10.4
Mg ²⁺ mg/L	4.1	4.3	4.3	6.3	4.9	4.6	4.6
Ca ²⁺ mg/L	9.5	9.5	9.8	4.9	9.9	9.6	9.5

* 25.0、25.9°C時の飽和濃度はそれぞれ 8.11、8.00 mg/L

** その後、数回の調査でも検出されない。

らが底生動物や付着藻類の分布に大きく影響を及ぼしている可能性が高い。これらの直接的な影響なのか(下流部の種の耐性は小さい)、生物の種間関係の介在した影響なのか(放流口では上流部の種が繁栄し、下流部の種を圧迫)、今後検討していく必要がある。それには野外における実験¹⁵⁾が必須である。

橋場橋放流口付近ではオイカワ仔・稚魚がみられなかった。その原因についても調べる必要がある。

5 おわりに

塩素消毒が、放流先の底生動物・付着藻類に多大な影響を広い範囲にわたって及ぼす¹⁶⁾という。それに対し、今回のオゾン処理水による影響は放流口付近で顕著で、放流口から100mほど流下すれば通常の底生動物相になり、付着藻類も多様化した(藍藻や珪藻が多くなる)。影響の範囲は限定されたものかもしれない。前記の報告⁵⁻¹¹⁾の間に違いがあったのは、採集場所(放流口からの距離)によって影響の程度が異なったためと推測できる。

ただし、今回の底生動物・付着藻類の分布の結果だけで影響を判断するのは早計であると考え。他の指標を含めて影響を総合的に検討することが大事である。

謝 辞

調査にご便宜を図っていただいた世田谷区北沢総合支所、(財)世田谷区都市整備公社まちづくりセンター、代沢せせらぎ公園協議会、目黒区環境清掃部環境保全課、および渋谷区土木部公園課の皆様へ深謝いたします。また、水質分析にご協力いただいた当所基盤研究部安藤晴夫、栗田恵子研究員に深謝いたします。

参考文献

- 1) 杉光英俊：水環境におけるオゾンの利用状況、水環境学会誌,21,126-132 (1998)
- 2) 伊藤泰郎：オゾンの不思議,講談社,201pp. (1999)
- 3) 宗宮功：オゾン処理機能と下水処理、月刊下水道 18(6), pp. 16-19 (1995)
- 4) 神子直之：塩素代替消毒技術の必要性と今後の課題、水環境学会誌,21,pp. 566-570 (1998)
- 5) 大野正彦、古明地哲人：清流復活水路のユスリカ群集に及ぼすPAC (ポリ塩化アルミニウム)・オゾン処理の影響、東京都環境科学研究所年報1993,pp. 75-82 (1993)
- 6) 大野正彦：ユスリカの世界、近藤繁生ら編、培風

館, pp. 99-111 (2001)

- 7) Kuribayashi, S.: Reuse of treated wastewater in an artificial stream ('seseragi') in Kawasaki City, Japan, Water. Sci. Tech., 23, pp. 2209-2214 (1991).
- 8) 曾根庸夫、西村孝彦、栗林栄：下水処理水の親水利用性向上に関する実験調査、下水道協会誌,32,67-79. (1995)
- 9) 阿部早智子ら：下水処理場排水の河川生物相に与える影響、日本水処理生物学会誌,31,pp. 51-59 (1996)
- 10) 吉村千洋ら：オゾン消毒下水処理放流水を受容する河川の底生動物相に関する研究、水環境学会誌,22, pp. 609-615 (1999)
- 11) 奥田善昭：アユを元気にさせる下水道—広瀬川浄化センターのオゾン処理—、月刊下水道,18(6), pp. 41-44 (1995)
- 12) 廣嶋文武：蘇った清流 代沢せせらぎ公園—東京都世田谷区北沢川緑道—、下水道協会誌,35,pp. 34-38 (1998)
- 13) 中村守純：日本のコイ科魚類、資源科学研究所, pp. 453 (1960)
- 14) 神子直之、大垣眞一郎：紫外線消毒による処理特性とその機構、月刊下水道,18(6), pp. 20-23 (1998)
- 15) ハーストン Sr., N. G. : 野外実験生態学入門、蒼樹書房, pp. 420 (1996)
- 16) Fukushima, S. and Kanada, S.: Effects on chlorine on periphytic algae and Macroinvertebrates in a stream receiving treated sewage as maintenance water, Jap. J. Limnol. 60, pp. 569-583 (1999)