

オゾン処理水放流小水路における肉眼的底生動物と 付着藻類の流程分布

大野正彦* 津久井公昭 福嶋 悟**

(*現自然環境部 **横浜市環境科学研究所)

要 旨

底生動物と付着藻類に対するオゾン処理の影響を知るため、オゾン処理水のみを水源とする小水路で、それらの分布を調べた。BOD、COD、硝酸性窒素、リン酸性リン及びいくつかのイオンは上流部と下流部で違わなかった。処理水の放流口のpHは低く(5.15~5.26)、溶存酸素濃度は高かった(>18mg/L)。流下に伴っても(約500m)、それらの値は通常の値にならなかった。カワニナ、ヒメモノアラガイ及びサカマキガイは放流口で優占したが、140m下流部ではこれら巻貝は減り、水生昆虫や珪藻が多様になった。巻貝は放流口で繁栄し他の種を抑制した。緑藻キヌミドロ(基部細胞で存在)は、放流口近くの箇所において巻貝の激しい摂食下でも生存し、優占種となった。オゾン処理は放流口近くにおいて巻貝を繁殖させ、巻貝は底生生物群集(底生動物と付着藻類)に影響を及ぼすと考えられた。

キーワード：オゾン処理、下水、流程分布、肉眼的底生動物、付着藻類

1 はじめに

近年、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¹²⁾。しかし、オゾン処理水が野外の水生生物に及ぼす影響についてほとんど明らかにされていない。わずかに行われた野外調査では影響について異なる傾向が示されている。処理水を水源とする小水路でユスリカの減少³⁾や付着藻類細胞数の低下^{4,5)}が報告されている。一方、オゾン処理水流入河川については処理水の影響が顕著でなく、汚濁水域に多い藻類の出現⁶⁾、肉眼的底生動物(以下、底生動物と称す)群集の違いは小さいこと⁷⁾が述べられている。オゾン処理水は室内実験では珪藻の増殖を促進させるが⁸⁾、野外の処理水流入後の地点では緑藻類のキヌミドロ(スティゲオクロニウム *Stigeoclonium* spp.)が優占するといわれる⁹⁾。オゾン処理水放流口ではキヌミドロが第1優占種となることが多いが、珪藻が優占することもある¹⁰⁾。オゾン処理は塩素に比較して河川生態系へのダメージは少ないといわれるもの

の⁹⁾、明瞭な結果は得られていない。

著者らはオゾン処理の影響を知るため、オゾン処理水を維持用水とする北沢川緑道水路で1999年7月と10月に水生生物を調べ、水生生物は特異な分布形態を示していると報告した¹¹⁾。すなわち、オゾン処理水放流口付近ではヒメモノアラガイ、サカマキガイ及びカワニナの貝類(巻貝)と緑藻キヌミドロ(スティゲオクロニウム *Stigeoclonium* spp.)が優占し、下流部ではユスリカが増加し珪藻や藍藻も多くなると報告した。これらの分布状況から、オゾン処理水は底生動物と付着藻類に影響を及ぼしていると推測した。

前報¹¹⁾では巻貝とユスリカの関係について述べたが、他の底生動物については言及していない。そして、付着藻類についてもキヌミドロと珪藻・緑藻の優占度について述べたが、種まで同定していない。今回、底生動物と付着藻類の流程分布をより詳細に調べ、その分布要因を検討した。

2 調査地点

北沢川緑道水路（図1）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。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）で分水し、代沢せせらぎ公園（代沢4丁目）のオゾン処理施設でPACによる脱リン後、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的小水路である。ただし、公園放流口では径15~20cm程度の丸い礫である。魚のために所々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、散歩道が水路に沿い、そこには落葉樹が植えられている。橋場橋から下代田橋までの区間約500mの9地点で底生動物と付着藻類の分布と水質の変化を調べた。

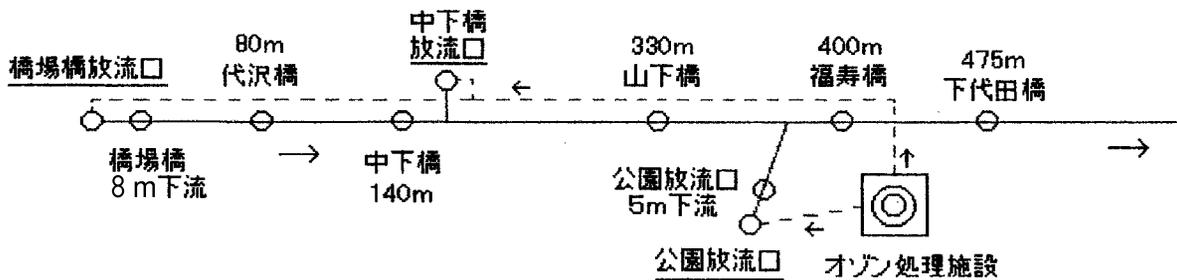


図1 北沢緑道水路調査地点
距離は橋場橋放流口からの距離
実線：水路（開渠）
破線：オゾン処理施設から各放流口までの導管（暗渠）

3 調査時期・調査方法

(1) 調査時期

水質等環境要因を2000年3月2日に、底生動物と付着藻類を3月3日に調査した。

(2) 調査方法

ア 水質等環境要因

前報¹⁰⁾と同様の方法で水質等環境要因を調べた。

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、残留塩素をバックテスト（共立理化学研究所）により測定した。

各地点でポリエチレン瓶に採水し、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、リン酸性リン）、3種の陰イオン（塩素イオン等）及び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（ブラン・ルーベ社）、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。また、2001年12月に水中のアルミニウムをキノリノール吸光光度法（JISK 0102）で測定した。

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。

イ 底生動物

25cm×25cm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。網内の採集物をバットにあけ、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。各地点で採集を3回試みた。なお、混入を避けるため網は地点ごとに取り替えた。

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)にあけ、水洗後、実体顕微鏡下で底生動物を拾い、個体数を調べた。

ウ 附着藻類

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。なお、ここでも歯ブラシは1回限りの使用とした。

実験室において、定量試料を先細ガラス管に入れ、24時間静置後の沈殿物量を測定し、沈殿物量の約50倍に試料の容量を調整した。そこから0.05mLを大型界線入りスライドガラス上に取り、24×32mmのカバーガラスを載せた一次プレパラートを作成した。群集構造と現存量の把握は、一次プレパラートに出現した藻類を、顕微鏡(オリンパスBX)下で総合倍率600倍で観察し、種類別に合計500から1000細胞を計数して行った。細胞区分の不明瞭な糸状藍藻類は糸状体数を計数した。

4 結果と考察

(1) 水質等環境要因

水質等環境要因を表1に示した。水温は地点間に大きな変化はみられなかった。調査時のpHは6以下で、3つの放流口の処理水pHは5.2~5.3と低く、流下に伴い若干上昇した(福寿橋5.5、下代田橋5.8)。放流口の溶存酸素濃度は高く、橋場橋、公園の各放流口では、それぞれ>19.99、18.2mg/Lの値を示した(中下橋放流口は水深が2cm程度なので溶存酸素の測定できず)。溶存酸素濃度は流下に伴い低下した(最下流部の福寿橋、下代田橋でそれぞれ15.0、13.5mg/L)。なお、ここでは電極法を用いたが、ウィンクラー法と比べたところ、両者の測定値はほぼ一致した。調査時の水路の溶存酸素はかなりの過飽和であった。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、硝酸性窒素、リン酸性リン及び6種の陰・陽イオンは地点間で大きな差がなかった。BODを除きこれらの値は、処理水由来のため高かった。アンモニア性窒素は各放流口で1.3~1.4mg/L、下流の下代田橋で0.9mg/Lと、前報¹¹⁾の値(0.1~0.2mg/L)に比べ高く、流下に伴い若干減少した。水中アルミニウム濃度は0.03~0.17mg/Lで高

表1 北沢川緑道水路の環境要因(2000年3月2日)

項目	橋場橋 処理水放流口	橋場橋 8m下流	代沢橋 7m上流	中下橋 7m上流	中下橋 処理水放流口	山下橋 7m上流	公園処理水 放流口	公園放流口 5m下流	福寿橋 20m上流	下代田橋 11m上流
橋場橋放流口からの距離 m	0	8	80	140	165	330	—	—	400	475
調査時刻	12:10	12:05	11:50	11:40	11:30	11:25	11:00	—	10:55	10:35
流速 cm/秒 (表層)	—	19	15	37	—	45	15	—	36	23
(底層)	53	14	10	29	60	31	11	—	23	11
水深 cm	5.5	10.0	7.5	10.0	1.5	8.5	7.3	—	9.0	10.5
川幅 cm	95	90	114	93	22	104	74	—	100	101
底質	小礫	小礫	小礫	小礫	小礫	小礫	礫	小礫	小礫	小礫
水温 °C	16.7	16.7	16.7	16.8	14.8	16.7	16.6	—	16.5	16.4
pH	5.21	5.22	5.33	5.35	5.26	5.43	5.15	—	5.51	5.82
溶存酸素濃度 mg/L *	>19.99	>19.99	18.85	16.84	—	15.81	18.18	—	15.01	13.48
電気伝導度 μS/cm	476	480	483	490	513	483	484	—	484	484
塩分 %	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	—	0.01	0.01
濁度	0	0	0	1	0	1	1	—	1	2
溶存オゾン mg/L	0.01	0.00	—	—	0.00	—	0.02	0.00	—	—
残留塩素 mg/L	検出せず	—	—	—	検出せず	—	検出せず	—	—	—
BOD mg/L	1.6	1.4	1.7	2.1	1.5	2.1	1.4	—	2.1	2.6
COD mg/L	5.5	5.4	5.4	5.5	5.5	5.7	5.6	—	5.3	5.7
アンモニア性窒素 mg/L	1.3	1.4	1.4	1.2	1.4	1.0	1.4	—	0.9	0.9
亜硝酸性窒素 mg/L	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	—	0.1	0.1
硝酸性窒素 mg/L	18.5	19.0	19.0	19.1	19.0	18.7	19.0	—	18.4	18.9
りん酸性りん mg/L	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	—	0.9	0.9
塩素イオン mg/L	77.0	76.0	76.5	76.1	76.3	76.2	76.7	—	69.3	74.1
硫酸イオン mg/L	54.2	54.1	52.7	53.0	52.1	54.3	53.0	—	50.7	54.9
ナトリウム mg/L	61.8	61.1	61.3	61.2	61.3	61.6	61.4	—	56.7	61.5
カリウム mg/L	13.4	13.1	13.3	13.3	13.2	13.3	13.2	—	12.1	13.2
マグネシウム mg/L	5.7	5.7	5.8	5.8	5.7	5.8	5.7	—	5.4	5.8
カルシウム mg/L	18.8	19.5	18.5	18.7	18.8	19.5	19.1	—	17.8	19.9

*: 16.7°C時の飽和濃度 9.42mg/L

灰色の欄: 処理水放流口

い値とはいえ、流下にもない増加する傾向にあった。

(2) 底生動物

ウズムシ、ミミズ類、ヒル、カワニナ、ヒメモノアラガイ、サカマキガイ、カワコザラガイ、ヨコエビ、ミズムシ、アメリカザリガニ、コカゲロウ、コガタシマトビケラ、ヒメトビケラ、ユスリカ、ヌカカ、ブユが採集された。やや汚れた河川に多く生息する種であった。貧弱な底生動物相といえる。

代表的な底生動物の個体数（3回の採集試料に出現した個体数の平均値と標準偏差）を表2に示した。前報¹¹⁾同様、放流口ではヒメモノアラガイ、サカマキガイ、カワニナ等の巻貝が多く、多くの水域で優占種となるユスリカは少なかった。一方、放流口から離れると、巻貝が減りユスリカが多くなった。pHが5.4と低く、溶存酸素濃度が16.8mg/Lと高い中下橋上流で

も、ユスリカが多かった。北沢川緑道水路において、巻貝とユスリカが分布を異にしていることは確かである。

ユスリカを含めたいくつかの底生動物と巻貝の関係を図2に示した。なお、図2では各地点で3試料採集した合計27試料の分析結果を対象とした。また、ここではカワコザラを巻貝個体数に含めなかった。カワコザラはサカマキガイ等（成貝殻高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。ユスリカの密度は巻貝の増加により減少し、ミズムシとコガタシマトビケラも巻貝と相反する関係にあった。コカゲロウも代沢橋の1試料（28個体/25×25cm²）を除けば、巻貝が多い時は生息密度が低かった。ミミズとウズムシは巻貝と明瞭な関係はみられなかった。

巻貝でも種により分布が異なり、前報¹¹⁾同様、橋

表2 北沢川緑道の底生動物個体数（2000年3月3日調査） 各調査地点で25cm×25cmのコードラートを3回採集。

底生動物	橋場橋放流口	橋場橋8m下流	代沢橋7m上流	中下橋7m上流	中下橋放流口	山下橋7m上流	公園放流口	福寿橋20m上流	下代田橋11m上流
ウズムシ	312.3±225.6*	7.0±1.7	15.0±13.1	535.0±138.2	0.7±1.2	67.0±43.3	0	16.3±2.1	3.3±1.5
ミミズ	1943.7±343.4	1028.7±137.3	364.3±64.7	3100.3±440.1	7010.7±8030.3	2959.7±1804.0	275.0±249.0	1211.3±336.0	319.3±81.0
カワニナ	0	0	0	1.0±1.7	0	0	22.3±22.4	0	0
ヒメモノアラガイ	108.3±118.4	107.7±29.6	240.0±178.7	5.7±3.1	35.7±42.7	0	0	0	0
サカマキガイ	325.7±113.2	220.0±105.9	87.3±34.0	6.3±5.1	11.0±12.1	0.3±0.6	160.0±58.8	0	0
カワコザラガイ	26.0±7.5	15.3±8.1	218.7±264.9	519.3±214.8	0.7±1.2	117.3±124.4	55.0±25.6	194.3±144.0	115.0±31.5
ミズムシ	0	2.3±2.1	0	54.0±92.7	2.7±2.5	1250.0±833.8	1.3±1.5	1166.7±62.0	1332.3±453.5
コカゲロウ	0	0.3±0.6	12.0±13.9	8.7±4.7	0	47.3±26.5	0	24.3±15.0	0
コガタシマトビケラ	0	0	0.3±0.6	39.0±18.5	0	5.7±6.4	0	1.0±1.0	0
ヒメトビケラ	0	0	0	5.3±1.2	0	2.7±1.2	0	2.0±0.0	0
ユスリカ	3.3±3.5	2.3±0.6	32.7±18.6	1662.7±616.4	13.7±7.8	1665.7±353.5	0.3±0.6	1442.0±248.7	159.7±28.1

数字：個体数/25cm×25cm、灰色の欄：放流口、*：3回採集試料の平均値、**：同標準偏差

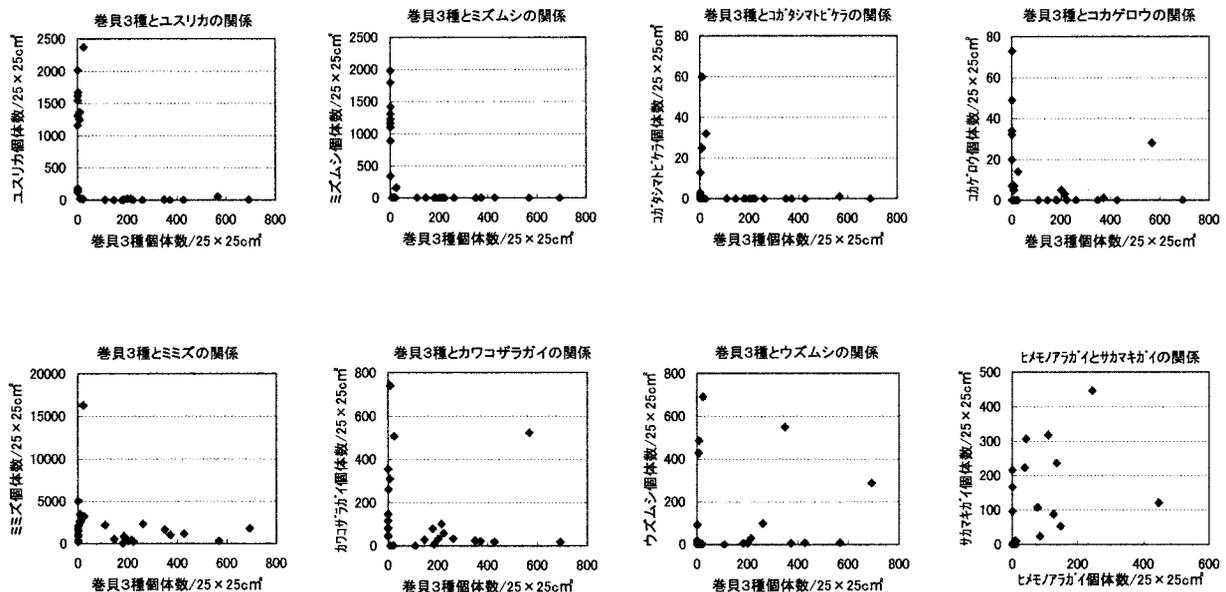


図2 巻貝3種（サカマキガイ、ヒメモノアラガイ、カワニナ）と各種底生動物の関係（2000年3月3日調査）

橋場と中下橋放流口ではヒメモノアラガイとサカマキガイがみられ、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て、ヒメモノアラガイは採れなかった。このように分布範囲が異なるのは、ヒメモノアラガイとカワニナは競争関係にあるのかもしれない。今回、中下橋上流でカワニナが採集された（表2）。公園放流口以外で初めて採れたものである。カワニナの分布が拡大することで、ヒメモノアラガイの分布域（密度）は減少する可能性がある。ヒメモノアラガイとサカマキガイの間には弱い有意な相関（ $r=0.47$ 、有意水準5%）があり、両種は共存していた。

(3) 附着藻類

各地点で採取された藻類試料から得られた群集組成を表3に示した。3ヶ所の放流口の藻類群集は2~10種類で構成され、クサビケイソウ (*Gomphonema parvulum*)あるいは緑藻類のキヌミドロ(スティゲオクロニウム *Stigeoclonium* sp.)が多かった。前報¹¹⁾ではキヌミドロは複数種としたが、検討の結果1種とした。北沢川ではオゾン処理施設が公園放流口の近くにある。放流口と処理施設の位置関係(図1)からみる

と、オゾン処理施設に近い放流口ほど、群集を構成する種類数が少ない傾向がある。最もオゾン処理施設に近い公園放流口では、藻類群集は2種類の緑藻類のみで構成されている。オゾン処理施設からの距離が大きい放流口ほど、キヌミドロは減少し、珪藻類の占める割合が増加した。

水路の藻類群集は2~22種類で構成され、上流側の地点で種類数が少なく、下流側の地点で多い傾向が認められる。上流側の橋場橋8m下から中下橋までの3地点の群集では、キヌミドロが多く、全体の90%以上を占めていた。その下流に位置する山下橋と福寿橋でキヌミドロの割合は僅かに減少し、多くの種類の珪藻類が群集構成種となっていた。また、そこでは橋場橋放流口で多かったクサビケイソウは目立たない存在であった。最下流地点の下代田橋では紅藻類のベニイトモ (*Audouinella cyalybea*) が最も多かったが、珪藻類の種類数の多いことが、その上流側の地点との類似点となっている。

(4) 北沢川緑道水路における生物の分布要因

北沢川緑道水路放流口では巻貝(ヒメモノアラガイ、サカマキガイ、カワニナ)が優占してユスリカ、ミズ

表3 北沢川緑道水路の附着藻類群集 (2000年3月3日調査)

種名	橋場橋放流口	橋場橋8m下流	代沢橋7m上流	中下橋7m上流	中下橋放流口	山下橋7m上流	公園放流口	福寿橋20m上流	下代田橋11m上流
藍藻類	サユレ <i>Phormidium</i> sp.			77		54			77
珪藻類	マカケイソウ <i>Achnanthes inflata</i>					54		845	230
	マカケイソウ <i>Achnanthes lanceolata</i>	69	129			54		77	77
	マカケイソウ <i>Achnanthes minutissima</i>							38	
	マカケイソウ <i>Achnanthes minutissima</i> v. <i>saprophila</i>							38	77
	コナケイソウ <i>Cocconeis placentula</i> v.					54			
	ヒメマケイソウ <i>Cyclotella</i> sp.							115	
	クサビケイソウ <i>Cymbella minuta</i>								77
	クサビケイソウ <i>Eunotia minor</i>						54		
	クサビケイソウ <i>Eunotia septentrionaris</i>				461		161		77
	フシナケイソウ <i>Frustulia lange-bertarotii</i>						54		38
	フシナケイソウ <i>Frustulia vulgaris</i>				77		215		614
	クサビケイソウ <i>Gomphonema angustatum</i>	69	65			645	54		77
	クサビケイソウ <i>Gomphonema parvulum</i>	411, 956	1, 871	230	1, 460	34, 836	215		230
	フシケイソウ <i>Navicula confervacea</i>						54		1, 613
	フシケイソウ <i>Navicula minima</i>	1, 037			77	81			
	フシケイソウ <i>Navicula seminulum</i>	9, 677	32		307	564	269		
	フシケイソウ <i>Navicula ventralis</i>								77
ハスナケイソウ <i>Neidium affine</i>								38	
ハシケイソウ <i>Nitzschia filiformis</i> v. <i>conferta</i>						860		730	
ハシケイソウ <i>Nitzschia linearis</i>								38	
ハシケイソウ <i>Nitzschia palea</i>	51, 218	161		1, 075	242	484		38	
ハシケイソウ <i>Pinnularia gibba</i>	69	32				161		269	
ハシケイソウ <i>Pinnularia saprophila</i>	138			230		806		691	
ハシケイソウ <i>Pinnularia</i> sp.						54		192	
サカケイソウ <i>Synedra fasciculata</i>								768	
サカケイソウ <i>Synedra ulna</i>						54		38	
紅藻類	ベニイトモ <i>Audouinella cyalybea</i>			384		3, 172		422	9, 600
緑藻類	ゾウガサ <i>Cladophora</i> sp.			307			611		
	ツグミモ <i>Cosmarium</i> sp.			77		54		38	
	サキミドロ <i>Ooogonium</i> sp.								154
	イカガモ <i>Scenedesmus</i> spp.	276							
	キヌミドロ <i>Stigeoclonium</i> sp.	2, 074	27, 063	35, 712	179, 712	8, 951	49, 674	14, 816	15, 091
種類数	10	7	2	12	6	21	2	22	
細胞数 (cells/mm ²)	476, 583	29, 353	35, 942	184, 244	45, 319	56, 611	15, 427	21, 347	

灰色の欄：放流口

ムシ等が少ない。一方、下流部では巻貝が少なくユスリカ、ミズムシ等が増加した。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かった。また、水質でもBOD、COD及び栄養塩類等は、アンモニア性窒素で減少(1.4→0.9mg/L)がある以外はほとんど変わらなかった。放流口でpHが低く、過飽和の溶存酸素濃度が高かったが(橋場橋、公園の各放流口で、それぞれ>19.99、18.2mg/L)、流下に伴い大きく変化したとはいえなかった。2つの放流口で微量の溶存オゾンを検出したが、そのすぐ下流(5~8m下流、巻貝が優占している部分)では検出できなかった。今回の調査では底生動物に影響を及ぼしている環境要因を特定することはできなかった。

では、ユスリカ等は放流口付近で生息できないのであろうか。公園放流口に実験水路(樋に陸上にあつた小礫を置いたもの)を2001年9月に設置すると、間もなくユスリカがみられ、その後、減少した。巻貝(サカマキガイ、カワニナ)が増えてくるとユスリカはほとんどみられなくなったが、翌年の初夏に樹影で水路が暗くなると、ユスリカは急激に増加し、コガタシマトビケラやミズムシも増えた(大野、未発表)。このように、ユスリカは各放流口付近でも生息可能であり、生理的に分布できないのではなく、生態的な種間関係、つまり巻貝によりユスリカの分布が抑えられていると考えた方が適当であろう。

藻類群集の最も大きな特徴として、緑藻類のキヌミドロが多いことが挙げられる。北沢川緑道水路で観察されたキヌミドロは全て基部細胞で、糸状体は出現していない。藻類を摂食する巻貝が増加すると、珪藻類が減少して緑藻類が増加する¹²⁾。また、巻貝の摂食により、キヌミドロの糸状体は減少するが、基部細胞はほとんど減少しない¹³⁾。さらに、基質に密着する珪藻類も巻貝の摂食で減少するがキヌミドロの基部細胞は影響を受けない¹⁴⁾。北沢川緑道の放流口と水路で、巻貝が生息している多くの場所の藻類群集が、キヌミドロの基部細胞が主体の群集構造となっていることは、藻類群集が巻貝による摂食の影響を強く受けていることを示唆している。

巻貝の個体数が多い橋場橋放流口と中下橋放流口では、クサビケイソウが群集の主な構成種となっている。この種類は殻端の短い柄で基質に付着している。この

ような付着様式の種類は巻貝の摂食の影響を受けやすい¹⁵⁾。クサビケイソウは、北沢川緑道と同じように下水処理水を維持用水としている江川では、コカゲロウの摂食の影響を強く受けている(福嶋、未発表)。一方、この種類はオゾン消毒した下水処理水を流した屋外人工水路で多く出現しており、橋場橋放流口でそれに次いで多かったハリケイソウ(*Nitzschia palea*)にも同じ傾向が認められている。クサビケイソウとハリケイソウはオゾンの影響を他の種類ほど受けなため、放流口で現存量を増加させることが容易であると考えられる。また、巻貝の個体数が多い場所でも、貝の分布が局所的であれば、貝の密度が低く藻類の種間競争が小さい環境下で、クサビケイソウが急激に現存量を増加させるような現象が、放流口の群集構造に反映した可能性がある。

本研究結果から、オゾン処理が巻貝類の繁殖を促し(その機構は不明)、多数の巻貝が底生動物や付着藻類等の石の上に生育する生物群集に影響を及ぼしていることが推察された。下流部で巻貝が少ないのは、巻貝を利してきたものが流下に伴い消失したのかもしれない。下流部では巻貝が少ないため、底生動物や付着藻類の種多様性が増加したと想像できる。

5 おわりに

野外の水生生物に対するオゾン処理水の影響については、前記のように異なる結果³⁻¹¹⁾が報告されている。オゾン処理水の影響について異なったのは、調査地点の選定によるのであろう。すなわち、放流口からの距離が異なれば影響の度合いも異なり、処理水のみと処理水放流水路が通常の河川に合流するのでは影響度合いが異なると思われる。従来の研究では調査対象として単一の生物群を用いたので、生物相の成立要因が処理水の直接的な影響か、種間関係なのかわからなかった。今回、処理水のみを維持用水とした水路において底生動物と付着藻類の流程分布を調べ相互の関係を検討したことで、影響のしかたを推測することができた。この推測をより確かなものにするため、今後も調査や実験が必要である。

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及び代沢せせらぎ公園協議会の皆様に深謝いたします。また、水質分析にご協力いただいた職業能力開発総合大学校渡辺勇先生、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。

引用文献

- 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, pp.126-132 (1998)
- 2) 伊藤泰郎：オゾンの不思議,講談社, 201pp. (1999)
- 3) 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)
- 4) 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)
- 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) Kuribayashi,S.:Reuse of treated wastewater in an artificial stream ('seseragi') in Kawasaki City,Japan, Water.Sci.Tech.,23,pp.2209-2214 (1991)
- 7) 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)
- 8) 阿部早智子、須藤隆一：ガラス管内の付着藻類相に与える消毒剤の効果,日本水処理生物学会誌, 34,pp.279-289 (1998)
- 9) 阿部早智子ら：河川付着藻類相に及ぼす下水処理水の影響,水環境学会年会講演集,33, p.24 (1999)
- 10) 田中宏明ら：1. 河川水質と水生生物相との関係把握,平成9年度下水道関係調査研究年次報告書集, pp.277-282 (1998)
- 11) 大野正彦、津久井公昭：オゾン処理水放流水路の生物相,東京都環境科学研究所年報2001,pp.133-142 (2001)
- 12) Lowe. and R.D.Hunter：Effect of grazing by *Physa integra* on periphyton community structure, J.N.Am.Benthol.Soc.,7,pp.29-36 (1988)
- 13) Rosemond,A.D. and S.H.Brawley：Species-specific characteristics explain persistence of *Stigeoclonium temue* (Chlorophyta) in a woodland stream, J.Phycol.,32,pp.54-63 (1996)
- 14) Munoz,I.,Real,H.,Guasch,H.,Navarro,E. and S.Sabater：Responce limitation by freshwater snail (*Stagnicola vulnerata*) grazing pressure: an experimental study,Arch.Hydrobiol., 148, pp.517-532 (2000)
- 15) McCormick,P.V. and R.J.Stevenson：Effects of snail grazing on benthic algal community structure in different nutrient environments, J.N.Am.Benthol. Soc.,8,pp.162-172 (1989)

Longitudinal Distribution of Benthic Macroinvertebrates and Periphytic Algae in a Small Artificial Stream Only Receiving Ozone-Treated Wastewater.

Masahiko Ohno, Takaaki Tsukui and Satoshi Fukushima

Summary

In order to know effects of ozone treatment on aquatic macroinvertebrates and periphytic algae, their distributions were researched in a small artificial stream only receiving ozone-treated wastewater. BOD, COD, NO₃-N, PO₄-P and some ions of the water were not different among the upper and lower reaches. pH was low (5.15-5.26) and dissolved oxygen concentration was high (>18mg/L) at outlets of the wastewater. They maintained unusual values with passing through the watercourse (about 500m). Snails (*Semisulcospira libertina*, *Austropeplea ollula* and *Physa acuta*) were dominant at the outlets, but they decreased and aquatic insects and diatoms became diverse about 140-meter downstream. The snails flourished and oppressed the other species near the outlets. A green alga, *Stigeoclonium* sp., only basal cells, survived under severe grazing of the snails and was dominant near the outlets. It seemed that ozone treatment propagated the snails and the snails affected benthic communities (macroinvertebrates and periphytic algae) in the restricted areas near the outlets.

Keywords: ozone treatment, wastewater, longitudinal distribution, benthic macroinvertebrates, periphytic algae