

N-7 最終沈殿池越流せきに発生する付着藻類種の周年変化と水路材質による付着量の相違

○小林彩乃^{1*}・川口佳姫¹・林恵里香¹・青井 透¹

¹群馬工業高等専門学校・専攻科環境工学専攻(〒371-0845群馬県前橋市鳥羽町580)

* E-mail: aoi@cvt.gunma-ct.ac.jp

1. はじめに

下水処理場最終沈殿池越流水路は、一般にコンクリート製であるが、屋外設置の場合には太陽光を受けて藻とバクテリアで構成される生物膜が付着し、景観不良や昆虫発生、均一な越流の妨害、藻の剥離による処理水質の低下等の問題が発生するため、処理場維持管理上の大きな障害となっている。この生物膜除去には定期的な高圧洗浄などが必要であるが、濡れているために危険性が高く、多くの労力と細心の注意を必要とする。対策としての防藻塗装はあまり効果がないと云われており、確実な対策として水路へ銅版張り付けが多くの処理場で実施されている。銅を被覆すれば、溶出する銅イオンが生物毒の働きをし、藻の付着を防止できるとされている。

しかし、銅は高価なため設置費に難点があり、銅の溶出は環境に対してもあまり良いとはいえない。そのため、銅に替わる藻類付着防止対策が必要とされているが、最近ステンレス板にテフロン加工を施した新しい製品が開発された。そこでこの新製品の性能を評価するために、実際に他材質のコンクリート、銅板、ステンレス板と共に実験水路に張りつけ、本高専浄化槽膜処理水を長期かけ流して、水路への藻類付着防止実験を行なった。また時間経過とともに、付着藻類を採取し顕微鏡観察することにより、生物相の周年変化を調査したので、これらの結果を報告する。

2 生物膜付着剥離実験方法

(1) 実験装置

群馬高専の生活排水処理は合併浄化槽であるが、校内各校舎の排水などを受け入れて接触曝気方式で処理しており、小規模下水処理設備と見なせる。そこで浄化槽スラブ上に、浄化槽膜処理水(消毒前処理水を中空糸MF膜処理シビオトープ水源として利用している)を原水とする実験用傾斜水路を設置した。図1に水路寸法等を示し、表1には仕様一覧また写真1に外観を示した。接液材質としてコンクリート(水路A)、ステンレス板(水路B)、テフロン加工ステンレス(水路C)および銅板(水路D)を上流部から直列に配置した。この配列は藻が付付きやすいと予測される順である。但し流入した膜処理水は1時間弱の滞留時間があり循環するために、配列順が藻類付着に与える影響は少ないと思われる。

表1 水路藻類付着試験装置仕様一覧

項目	内容	備考
水路長さ	370cm	水路材質はコンクリート、SUS板、SUS板+テフロン、銅板の4種類
水路幅	20.2cm	
水路勾配	16.2‰	
循環流量	20リットル/min	ソルミ家庭用水中Pによる膜分離水を定量Pで供給
供給水量	30リットル/Hr	
保有水量	25リットル	
平均水深	3.5mm	
平均流速	26cm/sec	電磁流速計による

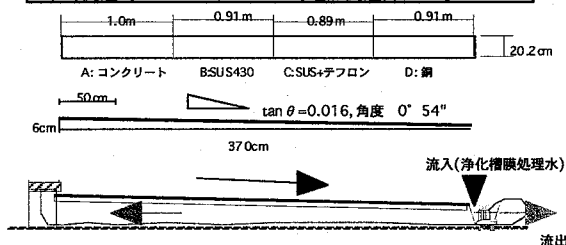


図1 水路付着藻類剥離試験の実験設備寸法、取付角度およびフローシート

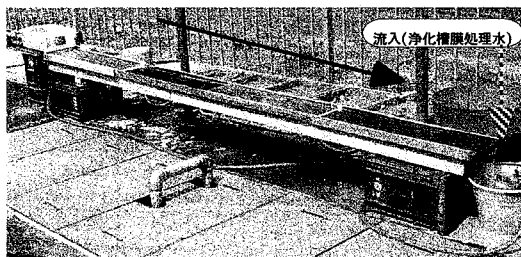


写真1 水路付着藻類剥離試験装置外観

本来、実験装置は直列より並列のほうがよいが、流量を一定にすること、複数の装置を作成することが困難であるため直列にした。図1に水の流れを示したが、水を上流部に送るポンプのバケツの中に浄化槽処理水を常時少しずつ供給を行ない水を循環させた。表1には実験水路の仕様を示した。

(2) 実験手順

水路から60cm離れたところから、水道ホース(15mmφスプレーノズル付き)で付着した藻に対して一定時間水を噴射し、剥離した藻を容器に回収し、分離した。実験日毎に噴射水量を測定してから水路に吹き付けた。次に剥離した面を手でこすって付着藻類を全部剥離させ別容器に回収し分離した。各操作を下流部から順に実施し、分

離した藻を蒸発皿で乾燥させ付着固形物量を測定するとともに、600℃で1時間燃焼させ有機物と灰分(VS,Ash)を測定した。

藻類付着試験を行った浄化槽膜処理水水質は、ほぼ下水処理水と同等であるが、水質例を表2に示した。9月5日試料のみは水路試験循環水を採水したので、pHが高い(生物膜によるCO₂取込に伴うpH上昇)。試験装置流入水である膜処理水はSSを全く含まないので、実際の下水処理場のように越流水に含まれるSSが生物膜に取り込まれることはなく、本実験では水路上で実際に繁殖したバイオマスのみを測定していることになる。

また実験水路の生物相を季節ごとに位相差顕微鏡で検鏡し優占藻類の観察も行なった。

表2 高専浄化槽処理水水質

水質項目	単位	5-7/25	6-8/31	6-9/5	6-9/21	7-7/5
pH	—	7.0	7.7	9.5	7.2	6.8
EC	mS/m	43.2	42.2	46.6	39.2	58.3
Cl ⁻	mg/l	41	42	56	34	71
NH ₄ -N	mg/l	0.6	0.1	0.3	6.7	0.1
NO ₂ -N	mg/l	0.1	0.1	0.2	0.3	0.01
NO ₃ -N	mg/l	10.4	18.0	20.0	15.2	37.4
T-N	mg/l	11.2	20.6	24.0	25.2	38.0
PO ₄ -P	mg/l	2.1	1.7	1.2	1.9	3.3
T-P	mg/l	2.6	2.0	1.4	2.0	4.0
BOD	mg/l	—	—	—	—	1.3

3. 実験結果

(1) 付着量

付着量は、水噴射回収量に手でこすって回収した生物量を加えた質量を、水路面積で割った比付着量で表示した。表3より、Aの付着量が最も多く、Dの付着量は大幅に少なかったが3月以降はDも増えてきている。BとCではCの方が付着量は少なかった。

表3 水路付着量の周年変化一覧(g/m²)

水路	2006年					2007年					平均値
	8/29	9/5	10/3	10/26	3/5	5/7	5/29	6/6	7/4	8/29	
A	25.2	7.9	10.3	19.9	49.0	81.5	16.1	2.0	37.1	33.7	28.3
B	15.4	11.9	9.9	22.7	4.6	90.5	17.3	3.3	21.2	32.6	22.9
C	15.2	6.3	10.3	11.1	2.6	27.1	13.5	1.1	16.7	34.5	13.8
D	1.5	1.2	0.3	0.9	1.0	31.4	14.5	4.4	24.5	34.0	11.4

注記：付着量はDryg/m²、運転開始は2006年8月9日

(2) 剥離率

剥離率は水噴射で剥離したバイオマス重量を全バイオマス重量で割った値であり、その結果を表4に示した。剥

表4 剥離率(%)の周年変化一覧

水路	2006年					2007年					平均値
	8/29	9/5	10/3	10/26	3/5	5/7	5/29	6/6	7/4	8/29	
A	62.7	68.7	62.3	60.9	95.3	98.6	98.4	66.7	69.1	75.9	75.9
B	92.1	96.0	95.7	95.7	96.0	99.5	97.7	71.8	78.4	91.4	91.4
C	95.2	88.5	97.4	97.1	97.7	96.0	98.9	100	77.0	94.2	94.2
D	92.2	72.6	32.4	62.3	73.1	95.9	93.8	77.8	79.9	75.6	75.6

注記：スプレーとは剥離に用いたスプレー水量(l/min)を示す

離率ではB,Cが平均して90%以上の結果を得られたが、Cの方が若干剥離性が良かった。

(3) 有機物含有率

有機物含有率(VS/TS)の結果を表5に示した。有機物含有率が高いことは、生物が多く存在していることを示す。Dは銅イオンの影響から有機物含有率が低かった。

表5 VS/TS(%)の周年変化一覧

水路	2006年					2007年					平均値
	8/29	9/5	10/3	10/26	3/5	5/7	5/29	6/6	7/4	8/29	
A	77.2	80.4	80.9	81.3	61.7	93.1	72.7	92.4	79.3	81.4	80.0
B	74.0	84.1	81.2	82.2	70.1	98.6	76.0	63.5	81.4	84.0	79.5
C	75.7	79.1	82.5	81.3	71.2	90.5	77.3	64.9	83.7	77.3	78.4
D	62.8	70.3	51.5	81.6	67.3	96.1	75.5	74.7	78.8	78.6	73.7

(4) 各材質の水路表面について

水路から藻を採取した後、水路表面の状態を観察した。Aは運転当初藻(繊維状)が少しだけ付いていたが、運転の継続とともに藻が手で擦っても根付いてしまい、付着が強くてなかなか取れなくなった。Bは日が経つにつれ擦ったときに抵抗が感じられて、表面も藻が少し点状に残ってしまった。Cは運転が継続しても擦ったとき抵抗はあまり感じられなく、表面にほとんど藻が残らず運転開始当初のままであった。Dは擦ったとき少し抵抗を感じられ、表面に藻は全く残存しなかったが、春先頃から表面に藻が残るようになってきた。

(5) 水路付着物の元素組成

表6 各水路付着物灰分中金属含有量(蛍光X線解析による)

項目	水路A	水路B	水路C	水路D
Ti	0.61	0.65	0.57	0.41
V	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.04	0.04	0.03	0.00
Mn	0.53	0.44	0.49	0.65
Fe	10.56	12.48	9.68	10.01
Ni	-	-	-	-
Cu	0.92	0.95	1.05	7.94
Zn	0.94	1.63	0.89	1.72
Rb	0.02	0.01	0.01	0.00
Br	0.02	0.03	0.02	0.00
Sr	0.10	0.14	0.09	0.12
Zr	0.00	0.01	0.01	0.01
Nb	-	-	-	-
Ag	-	-	0.03	-
Ba	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-
P	8.79	7.94	6.83	7.82
S	1.25	1.31	2.01	1.31
K	7.10	7.65	6.58	6.71
Ca	21.39	18.73	21.41	18.29
Na	-	-	-	-
Mg	2.46	2.85	2.93	3.25
Al	5.83	5.62	5.75	5.13
Si	39.49	39.56	41.67	35.68
Cl	-	-	-	0.97
Mo	-	-	-	-
As	-	-	-	0.02

注記：試料採取は07年5/29、8/29、平均している。

水路に付着した生物膜を剥離回収したものの一部を、蛍光X線解析装置により元素組成を測定した結果を表6に示した。主要な構成元素は、カルシウム、リン、シリカおよび鉄であった。高専の水道水は深層地下水を水源としているが、グラスを拭かず乾かすと白く白濁することから、カルシウム・リンは地下水由来と考えられる。A～Cに比べ、Dでは銅が多くシリカが少なかった。

4. 付着藻類調査

表6 水路出現藻類種と優占種の周年変化

	属名(E)	属名(和)	2006.8.30		2006.12.12		2007.3.		2007.5.7		2007.5.16		2007.5.23		2007.6.6		2007.7.4		2007.8.29	
			A~C	D	A~C	D	A~C	D	A~C	D	A~C	D	A~C	D	A~C	D	A~C	D	A~C	D
藍藻類	<i>Oscillatoria</i> .sp	オシラトリア属	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Phormidium</i> .sp	フォルミデウム属					○	○	○	○					○	○				
	<i>Aphanocapsa</i> .sp	アフノカプサ属									○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
緑藻類	<i>Cladophora</i> .sp	クラドフォア属			○	○	○			○	○			○	○	○				
	<i>Scenedesmus</i> .sp	セネデスムス属			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Cosmarium</i> .sp	コスマリウム属			○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Pleodorina</i> .sp	プレオドリナ属			○	○														
珪藻類	<i>Achnanthes</i> .sp	アクナンテス属			○	○	○		○	○			○							
	<i>Synedra</i> .sp	シネドラ属			○	○	○		○	○	○	○			○	○				○
	<i>Navicula</i> .sp	ナドキュラ属		○											○	○	○	○	○	○
	<i>Nitzschia</i> .sp	ニツシア属					○	○												
	<i>Pinnularia</i> .sp	ピンヌラリア属							○				○		○					○
	<i>Cocconeis</i> .sp	コッコネス属													○				○	○

◎:優占種、○:観察された種

実験開始と前後して、県内各下水処理場の最終沈澱池越流水路の藻類を採取して、それを位相差生物顕微鏡で観察した。伊勢崎市羽黒、高崎市中心・阿久津（旧系列）、前橋市六供、共に藍藻類のオシラトリア属を確認した。オシラトリア属は、全国のいたるところの湖沼等にプランクトンとして出現し、緩速ろ過池のろ過膜を構成する生物群の一つで、導水路、沈澱池、ろ過池等の壁面に膜状に付着生育するとされている。また、前橋市六供ではワムシなどの原生生物も確認できた。

本実験水路で発生した藻類を季節ごとに顕微鏡観察し、観察された属の名称を表6に示し、代表的な顕微鏡写真を写真2にまとめた。実験開始当初の生物相は単純で、藍藻類オシラトリア属のみが繁殖したが、時間の経過とともに生物相は複雑化し、緑藻類・珪藻類も観察され、多様な原生動物が観察された。冬季の観察では、オシラトリア属が出現せず、糸状藻類としてクラドフォア属が優占化した。また、春頃には、セネデスムス属が優占化し、梅雨頃にはアフノカプサ属が優占化した。

5. まとめ

以上の実験結果から、コンクリートは藻類の付着性が高く、終沈水路材質としては不都合であり、銅板の藻類付着性能は極めて高いが、水中及び藻類中に銅イオンが溶出して環境に対して危険であり、アフノカプサ属は付着してしまうということが確認できた。剥離率の点では、B,Cのステンレス板が共に高かったが、剥離後の結果を視覚的に比較すると、根付いている藻はBの方が多く、この根付いた藻は将来的に剥離しにくくなると考えられる。また、接液部にテフロンを用いた新製品であるCをB

と比較すると、水噴射による剥離はBより良好であり、残存する藻類はより少なかった。高圧洗浄機などを用いることで、充分剥離が可能のため、今後この新製品を水路に利用することは一つの選択肢として考えられる。

付着藻類の周年変化を観察すると、オシラトリア属が、実験水路でも運転開始時に優占化した。冬季からはクラドフォア属に優占種が交替し、春頃にはセネデスムス属、梅雨頃にはアフノカプサ属に優占種が交替し

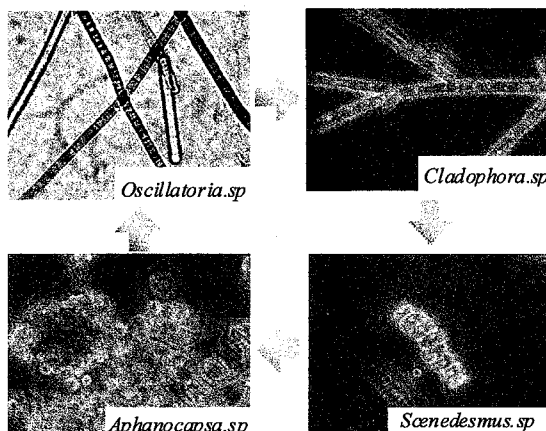


写真2 水路付着藻類剥離試験で発生した藻類・緑藻・珪藻類写真例

ていたため、写真2のようなサイクルで季節変化していると考えられる。

謝辞 比較試験の実施にあたり、テフロンコーティングSUS板は日本環工(株)より供給頂いた。また水路の付着量調査や剥離試験は、斎田圭太君(現宇都宮大学農学部)、河野亮太君(現東京海洋大学)に実施して頂いた。さらに下水処理場終沈水路の管理上の問題点は、高崎市・前橋市・伊勢崎市の各下水処理場でご指導いただいた。なお水路付着物の蛍光X線解析は、本校教員の平先生に協力頂いた。お世話になった多くの方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本水道協会(1993)日本の水道生物-写真と解説、pp10-12
- 2) 上野益三、川村多寛二(1973)日本淡水生物学、図鑑の北隆