

北海道大学工学部 正会員 橘 治国  
 学生員 大畑 博

○ 水産庁漁港部 正会員 森口朗彦

1. はじめに

河床生物膜は、主に藻類とバクテリアおよびこれらのデトリタスで構成されている。そして自然河川では、藻類が優占生物となるケースが多い。この藻類の増殖は、新たな有機物負荷発生すなわち水質汚濁の原因の一つと考えられてきた。しかし藻類は栄養塩を摂取して増殖するのであり、見方を変えれば水質汚濁を軽減しているともいえる。付着藻類の剝離流出を他の生態系に悪影響を及ぼさないよう河川管理される場合、藻類による水質浄化効果は高まるものと考えられる。また藻類は「安定」した懸濁態有機物であり、海洋では魚類の飼料としての価値もある。このような視点から筆者ら(年講2部、1985、陸水学会大会、1985)は、河床生物膜の機能を再評価し、その組成と水質浄化能を調査してきた。今回は河床生物膜の栄養塩除去速度と特性を、小型循環水路を用いて測定・解析した結果について報告する。

2. 研究方法

2.1 供試河床生物膜について: 自然河川で形成される生物膜の栄養塩除去速度を直接測定することとした。このため塩化ビニール板(幅5cm×長さ75cm)の必要枚数を川底(水深20~30cm、流速0.2~0.5m/s)にセットし、生物膜の付着を待った。生物膜を採取した河川は図1に示す発寒川(S.t. H2)と豊平川(S.t. T3)で、塩化ビニール板設置期間は昭和60年7月から12月である。設置地点における期間中の水質は、BODについてはS.t. H2で0.2~0.3、S.t. T3で1.3~2.7mg/l、TPについては各々0.008~0.038と0.009~0.032mg/l、TNについては各々0.24~0.62と0.85~2.00mg/lである。両地点とも中栄養のレベルにあるが、豊平川のほうが幾分汚濁しており窒素については“過剰”の状態にある。塩化ビニール板上生物膜は約1ヶ月で現場の礫上生物膜に近い性状となった。表1に供試生物膜の組成を示した。

2.2 小型循環水路による栄養塩除去速度の測定について: 塩化ビニール板上に付着した生物膜の栄養塩除去速度は、図2に示す小型循環水路を用いて測定した。水路には生物膜の付着した塩化ビニール板4枚を直列に敷いた。循環水の平均流速を0.2m/s、流入水の平均滞留時間を約1時間とした。運転時間は、一応平衡濃度になると見なされた16時間とした。また実験は自然環境と対応させて種々の培養条件の組み合わせで行った。照度については明条件4000±100luxと暗条件を、温度については高温(25±1℃)条件と低温(10±1℃)条件を設定した。また本実験では、リン濃度の影響を重点的に検討することにしたので、まず窒素濃度が律速条件とならぬよう循環水にNaNO<sub>3</sub>を1mg/l増加するよう添加し、これらにK<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>を0から0.2mg/lまでの8段階に設定した濃度が増加するように添加した。

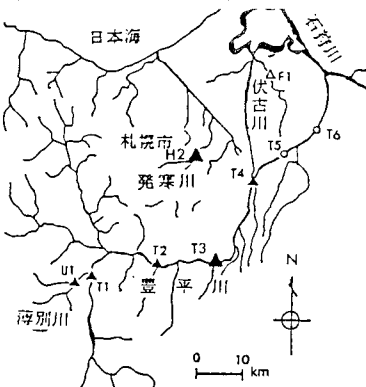


図1 調査水域の概況

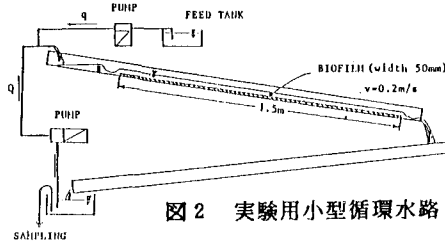


図2 実験用小型循環水路

表1 供試生物膜の組成

	発寒川(H2) (10/4) (25℃)	豊平川(T3) (11/17) (25℃)	(12/9) (10℃)
DW (mg/cm <sup>2</sup> )	1.36	3.45	11.34
I L (mg/cm <sup>2</sup> )	0.31	0.62	1.50
Chl-a (μg/cm <sup>2</sup> )	0.99	4.20	7.40

3. 結果の要約

3. 1 河床生物膜による水質浄化: ① 藻類による栄養塩摂取 藻類が生物膜の優占生物であることは前報や表1より明らかである。そこで明・暗条件の比較から、藻類の栄養塩摂取能力を確認した。

図3に、発寒川における実験結果(10月4日採取)の一部を示した。窒素濃度変化において明・暗条件の差がもっとも顕著である。特に明条件における硝酸性窒素の減少が著しく、藻類の増殖に伴う栄養塩摂取が明らかである。リンについても明条件での減少傾向が認められるが、窒素ほどではない。また有機物については、明条件でBODの暗条件でChl-aの増加が認められるが、これは藻類の活性の差異が原因と考えられる。明条件では代謝量が増加し、暗条件では活性の低下によって剝離するものと推測される。豊平川においてもほぼ同様の傾向を認めた。ただ豊平川では存在割合が高いアンモニア濃度の減少が先行し、藻類の選択摂取を認めた。

② 水温の影響 豊平川河床生物膜を用いた高水温(11月18日採取)ならびに低水温条件(12月9日採取)での実験結果の比較から、栄養塩摂取におよぼす水温の影響について検討した。測定結果として窒素の例を図4に示したが、水温の上昇とともに平衡濃度が低下し付着藻類の栄養塩摂取速度すなわち活性の高くなるのがわかる。リンも同様な傾向であった。したがって低温時の河床生物膜量の増加(表1)は、分解者としての構成動物の活動低下が原因と推測される。SSやChl-aにみられる剝離量については、水温差の影響が明らかとならなかった。

3. 2 河床生物膜による栄養塩除去速度とその特性: 前節で付着藻類による水中栄養塩除去効果を期待できることがわかった。ここでは除去速度とその特性を栄養塩添加実験結果に基づき考察する。表2に、水質成分の除去速度の例を示した。また表3には、これらと平衡濃度との相関係数を示した。全体的には、DRPや優占的無機態窒素に除去効果があり、また除去速度は全リン濃度に対応して増加する(一次反応とみなせる。)ことがわかる。有機成分はマイナスすなわち剝離の傾向にあるが、TP濃度に対するBOD物質除去速度が、高水温時に正の、低水温時に負の相関関係となる点が注目される。低温時は細菌による有機物分解力が著しく低下するものと推察される。表4にはリン・窒素の除去速度と全リン平衡濃度の関係を示した。同じ温度条件(25℃)では2河川の除去速度に差のないこと、低温条件では相当低下することがわかった。高水温時において両河川の生物膜付着量に2~3倍の差があるので、除去速度がほぼ等しいということは、生物膜を活性化させる光条件が一次生産をかなり支配していることを意味する。

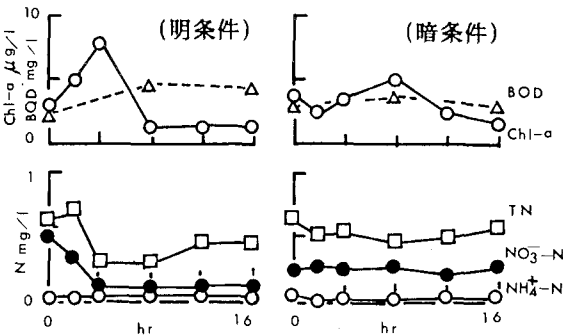


図3 実験結果の一例(発寒川10/4、無添加)

表2 栄養塩除去速度の一例

添加P濃度	発寒川(高水温)			豊平川(高水温)			(低水温)	
	0	0.04	0.1	0	0.1	0.2	0	0.2
Chl-a ( $\mu\text{g/hr}/\text{m}^2$ )	1.23	-0.13	-1.73	-24.5	-18.0	-22.0	-4.9	-7.6
BOD ( $\text{mg/hr}/\text{m}^2$ )	-8.0	2.7	2.0	-21.6	-0.5	-0.2	-5.3	-12.4
DRP ( $\text{mg/hr}/\text{m}^2$ )	0.007	0.165	0.363	-0.040	0.422	1.093	-0.002	0.823
TP ( $\text{mg/hr}/\text{m}^2$ )	0.000	0.163	0.481	-0.080	0.404	0.962	0.071	0.882
NH <sub>4</sub> -N ( $\text{mg/hr}/\text{m}^2$ )	0.153	-0.033	0.012	1.58	1.54	1.68	1.20	1.78
NO <sub>3</sub> -N ( $\text{mg/hr}/\text{m}^2$ )	2.13	2.22	3.16	3.05	2.06	4.11	0.12	0.12
TN ( $\text{mg/hr}/\text{m}^2$ )	2.27	2.17	2.25	3.68	4.39	7.39	2.39	2.05

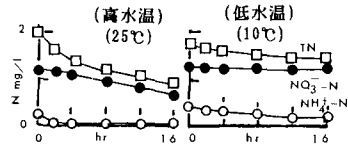


図4 水温の影響(豊平川11/17, 12/9)

表3 除去速度と平衡濃度の相関係数

採取速度	BOD	DRP	DP	TP	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
(発寒川 高水温条件 n=8)						
DRP	0.75	0.95				
DP	0.66	0.92	0.91			
TP	0.73	0.98	0.98	0.99	-0.48	0.53
平衡濃度 (豊平川 高水温条件 n=8)						
DRP	0.24	0.24				
DP	0.39	0.44	0.38			
TP	0.10	0.63	0.63	0.54	0.35	0.51
(豊平川 低水温条件 n=5)						
DRP	-0.79	0.98				
DP	-0.79	0.98	0.98			
TP	-0.82	0.99	0.99	0.99	0.96	-0.31

表4 リン・窒素除去速度と全リン平衡濃度

R: 採取速度( $\text{mg/hr}/\text{m}^2$ )	TP*	NH <sub>4</sub> -N*	NO <sub>3</sub> -N*
発寒川(25℃)	3.8C-0.038(0.99)	無消費	12.6C+0.05(0.53)
豊平川(25℃)	4.2C-0.033(0.96)	開始時消費	16.2C-0.03(0.94)
(10℃)	2.4C-0.023(0.99)	1.6C+0.17(0.93)	無消費

注) \*: 濃度単位(C)  $\text{mg}/\text{l}$ 、{}は相関係数