

河川調査による河床付着生物膜増殖量の評価

国立環境研究所 ○井上隆信、海老瀬潜一

1. はじめに

河川流下過程における水質変化に及ぼす河床付着生物膜の影響を定量的に評価することを目的として、実際の河川において調査研究を行っている。河床付着生物膜は、富栄養化の要因物質である窒素・りんについてみると、増殖過程において河川水中の栄養塩を取り込み、剥離過程において逆に河川水中へ栄養塩を放出していると考えられる。昨年度は、河床付着生物膜の剥離量について報告し、剥離はその大部分が降雨に伴う流量・流速増加によって起こること、河床付着生物膜現存量に対して剥離する割合は、降雨量が多いほど大きくなることを明らかにした。ここでは、今年度の春と夏に実施した毎日調査を中心とし、それ以前に行った一週間に一度の定期調査の結果とあわせて、河床付着生物膜の増殖量について検討を加えたので報告する。

2. 調査概要

河床付着生物膜の調査は、茨城県の中央部を流れている涸沼川の中流部の2カ所、St.2とSt.6で行っている。生物膜付着板としては、礫と同様の生物膜が付着する10cm角の素焼きのタイルを用い、流量増大時に流されないようコンクリート板に針金で固定して河床に設置した。付着板を最初に河床に設置した場合、河床付着生物膜が付着し始めるまでにラグタイムが存在し、降雨に伴う剥離と増殖を繰り返している周囲の礫とは、増殖パターンが異なると考えられるため、周囲

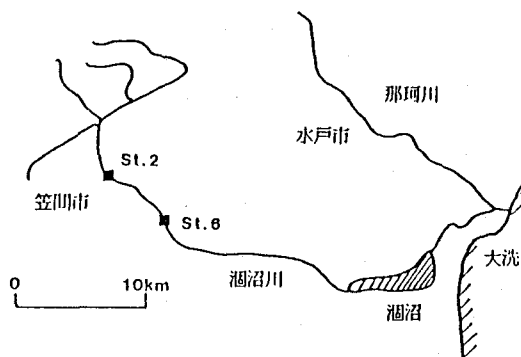


図1 調査地点

の環境に十分馴染むよう調査時の1カ月以上前に設置してあるものを試料とした。毎週調査は、1987年8月より1990年3月まで行った。毎日調査は、原則として降雨によって相当な剥離が生じた後に始めることとし、春季は、4月19日より5月6日のうち河床付着生物膜の回収を行うことができた15回、夏季は、8月12日より27日のうちの15回行った。回収した生物膜付着板は、ブラシで滅菌水を用いてはがしとり、乾燥重量・炭素・窒素・りん・Chl-a・各種細菌数について測定を行った。調査時には、流量・水温・pH測定、採水も同時に行い、水質については、各態窒素・各態りん・BOD・COD・TOC・Chl-aやその他一般水質項目についても測定している。

3. 毎日調査の結果

図2に春季毎日調査時の流量変化について示した。調査開始前の13日から18日にかけて合計39mmの降雨があり、調査開始時に3m³/s程度であった流量は、21日から23日の80mmの降雨によって増加し、25日においても7m³/sの流量となっていた。その後減少し2m³/s程度となったが5月5日に10mm、14日に13mmの降雨があり、それに伴って流量も増加している。河床付着生物膜設置地点の流速・水深および河川水質については、表1に示す。4月下旬から5月上旬の連休中には、流域の水田で田植えが行われており、河川水中のSS・窒素・りん濃度とも高い状態が続いていた。

河床付着生物膜は現存量が増加してくると、土粒子等の無機物質が生物膜中にトラップされ、炭素・窒素・りんの比率は変わらないものの、乾燥重量に対する炭素・窒素・りんの比率はそれぞれ減少する傾向がみられる。このため、ここでは河床付着生物膜現存量として炭素量を用い、その変化を図3に示した。調査開

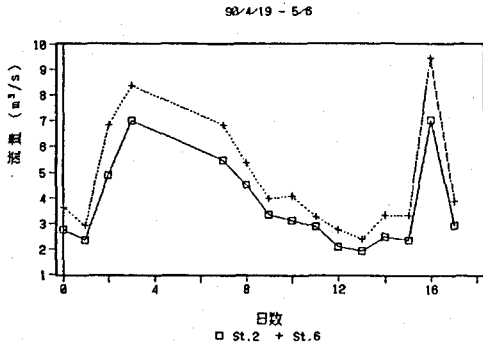


図2 春季毎日調査時の流量変化

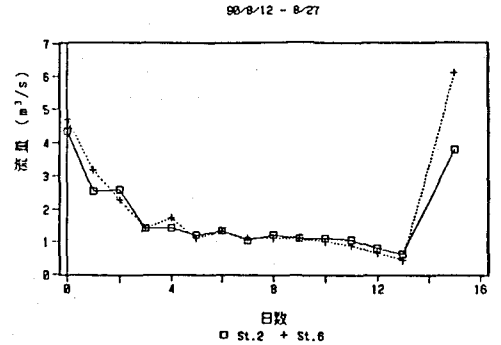


図3 夏季毎日調査時の流量変化

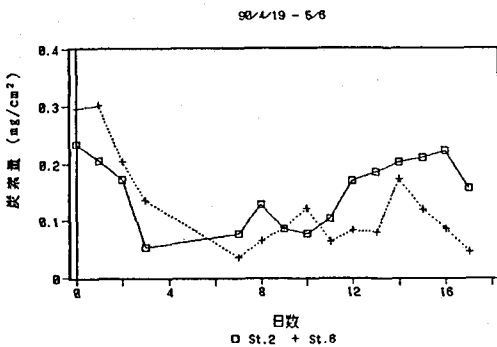


図4 春季毎日調査時の生物膜炭素量変化

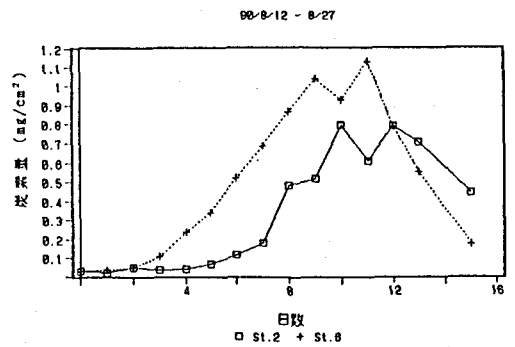


図5 夏季毎日調査時の生物膜炭素量変化

表1 毎日調査時の付着板設置地点の流速・水深・水質

	春 季		夏 季	
	St.2	St.6	St.2	St.6
流速 (m/s)	0.58(0.37-0.84)	0.98(0.87-1.3)	0.43(0.21-0.72)	0.70(0.21-1.20)
水深 (cm)	44.5(30-80)	37.7(24-70)	20.1(5-53)	17.1(5-55)
SS (mg/l)	24.9(8.4-86.3)	30.6(8.4-124)	10.7(2.9-44.9)	11.4(2.1-54.1)
BOD(mgO ₂ /l)	1.8(1.2-4.0)	1.8(0.9-4.7)	1.0(0.5-2.1)	1.1(0.6-2.0)
TN (mg/l)	1.970(1.53-2.45)	2.180(1.75-2.69)	0.756(0.52-1.14)	0.888(0.62-1.35)
TP (mg/l)	0.087(0.036-0.255)	0.091(0.031-0.306)	0.040(0.018-0.118)	0.038(0.018-0.112)

始時に炭素量で $0.2\text{mg}/\text{cm}^2$ から $0.3\text{mg}/\text{cm}^2$ であったものが、22日からの降雨に伴う剥離によって減少した。その後、増加傾向はみられたものの、ばらつきがあり期間を通じての明確な増加はみられなかった。この期間の最大現存量は、St.2で $0.23\text{mg}/\text{cm}^2$ 、St.6で $0.30\text{mg}/\text{cm}^2$ と毎週調査時と比べても低い値となっている。窒素・りんについては、炭素・窒素・りん比が、St.2で42:6.6:1、St.6で35:6.0:1となり、炭素と同様の経時変化を示した。

図4に夏季毎日調査時の流量変化を、図5に炭素量の変化を示した。8月10日に降雨があった後、晴天の日が続き26日まで降雨はなかった。このため流量は調査開始時に $4\text{m}^3/\text{s}$ であったものが減少し、最低時には $0.6\text{m}^3/\text{s}$ になった。夏季としては、毎週調査時には観測されなかった低流量となったため、河床付着生物膜設置地点の水深も最低で 5cm と浅くなり、SS、窒素濃度の低い日が続いた。河床付着生物膜はこの期間中に St.2・St.6のどちらも明確な増加がみられ、最大で St.2で $0.79\text{mg}/\text{cm}^2$ 、St.6で $1.13\text{mg}/\text{cm}^2$ にまで達した。また、炭素・窒素・りん比は、St.2で68:10:1、St.6で55:8.4:1となり、春季の調査時や毎週調査時と比較してりんの比率は小さくなった。

4. 増殖量の評価

河床付着生物膜の増殖速度は、水質・水温・照度・水深・流速等さまざまな要因によって影響を受けるものと考えられる。増殖過程を表現する式は川島らによって提案されているが、ここでは、一年を通じての河床付着生物膜現存量の変化をモデル化することの第一段階として、密度効果を考慮した簡単な増殖速度式である(式1)に示したロジスティック方程式を用いて、河床付着生物膜炭素量の増加速度について評価を試みた。増加速度 μ は水質や水温等の関数と考えられるが、ここでは、春季、夏季とSt.2, St.6のそれぞれで一定値として、 μ を求めることとした。最大量 K については、春季・夏季それぞれについて今まで観測された最大値を用いた。毎日調査については、増加がみられた期間について観測値とロジスティック曲線の差を最小となるように μ を決定した。その一例として、夏季のSt.6について実測値と求めた μ による増加曲線を図6に示す。また、毎週調査については、調査期間内に降雨がなく、増殖が認められた期間に対して、(式1)を積分し変形した(式2)を用いて求めた。それぞれの μ , K について表2に示したが、毎日調査の増加速度の値は、毎週調査の値より高くなった。これは、春季には大きく増加した期間についてのみ増加速度を求めたためであり、夏季には毎日調査を行った最初の14日間晴天の日が続き、河床付着生物膜の増殖に適していたためであろうと考えている。この毎日調査から求めた増加速度は、その期間の最大値に近いものと考えられる。しかし、晴天の日が一週間続くことは、この地域では春から夏にかけてはほとんどなく、実際の増殖量は低く抑えられているために、毎週調査で求めた増加速度は低くなったと考えられる。

$$\frac{dC}{dt} = \mu C \left(1 - \frac{C}{K}\right) \quad (\text{式1})$$

$$C(t) = \frac{K}{1 + (K/N(0) - 1)e^{-\mu t}} \quad (\text{式2})$$

5. おわりに

ここでは、簡単な式を用いて増加速度について検討を試みた。しかし、実際のフィールドでは、水温・日照量等さまざまな要因によって増加速度は変わっている。これらを考慮し、さらに降雨による剥離についてもモデル化を行い、河床付着生物膜現存量の変化を表現し得るモデル式の構築について検討していく予定である。

参考文献

- 川島博之他:河床付着性藻類の増殖と剥離,化学工学論文集,第9巻,324-329(1983)
 海老瀬潜一他:市街地河川流達負荷量変化と河床付着生物群(1),用水と廃水,第20巻,1447-1459(1978)
 海老瀬潜一他:市街地河川流達負荷量変化と河床付着生物群(2),用水と廃水,第21巻,183-191(1979)
 相崎守弘:富栄養化河川における付着微生物群集の発達にともなう現存量および光合成量の変化,陸水学雑誌,第41巻,225-234(1980)
 橘治国・井上隆信他:河床生物膜の組成と水質浄化能,衛生工学研究論文集,第24巻,1-12(1988)
 井上・海老瀬:河川調査による河床付着生物膜剥離量の評価,第26回衛生工学討論会講演集,16-18(1990)

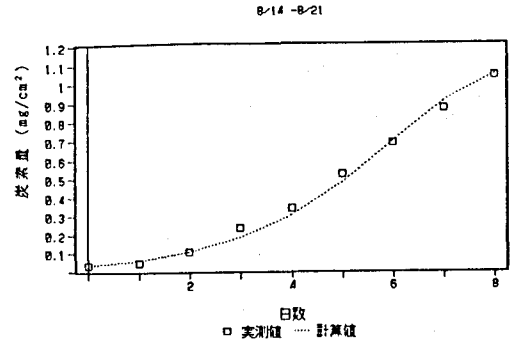


図6 夏季のSt.6での炭素量実測値と計算値

表2 ロジスティック式の μ と K の値

	μ (1/day)	K (mg/cm ²)
St. 2		
春季毎日調査	0.572	0.665
夏季毎日調査	0.773	0.791
88/6/6-6/13	0.412	0.665
88/7/19-7/27	0.389	0.791
89/5/17-5/24	0.286	0.665
St. 6		
春季毎日調査	0.563	0.839
夏季毎日調査	0.789	1.129
88/5/16-5/25	0.279	0.839
88/6/6-6/13	0.417	0.839
89/3/30-4/5	0.396	0.839
89/5/17-5/24	0.284	0.839