

清流の復活に関する研究 (その10)

— 玉川上水の河床付着性微生物 —

紺野良子 津久井公昭 渡辺正子

1 はじめに

有機物や栄養塩類の濃度の高い河川では、河床の礫等の上に藻類、細菌、放線菌、原生動物等が増殖した付着性微生物膜が形成される。そこでは多種の生物が共生、拮抗し合って増殖と枯死をくり返す生態系を形成すると同時に、水中の汚濁物質の分解者、生産者として水界の物質循環に重要な役割を果たすとされている。¹⁾

玉川上水清流復活事業では、下水処理水を放流しているため、一般河川と比べ、栄養塩類濃度が高く²⁾、水質、水温、水量の変動が少ないという特徴がある。これが付着性微生物について他の河川と異なる結果をもたらすことが予想される。近年都市河川維持用水としての下水処理水の利用が各地に普及しつつあるので、このような河川における付着性微生物の調査を玉川上水を対象に行った。

2 調査方法

(1) 試料の採取

地点1の現存量測定用試料：玉川上水放流口St.2の滝直下の岩石表面から採取した。

地点2の磁製板生長量測定用試料：地点1より200m下流（地点2）で流れに水平に磁製板（7.5×7.5×1cm）を河床に数十個並べ、2～3週間の間隔で数個ずつ回収したものから採取した。

地点2の現存量測定用試料：地点2の河床の礫表面から採取した。

これらの試料採取は夏期と冬期にそれぞれ行った。なお、玉川上水は流下するに従い泥の流出と堆積が多く、河床が安定しないため、下流ではほとんど付着性生物膜がみられない。

(2) 分析方法

付着物乾燥重量：ワットマンGF/Cを用い105°C、

2時間乾燥の条件で尹過前後の秤量の差から求めた。

クロロフィル量：アセトン抽出比色法⁵⁾による。

炭素量、窒素量：柳本製CHNコーダで測定した。

藻類：ホルマリン固定の試料について、その数と種を検索した。

3 結果と考察

玉川上水は下水処理水を放流しているため、調査地点での水温は通常の河川より高く、冬期でも15°C以上である。地点2の水深は13～23cm、流速は45～56cm/秒であり、更に下流域では泥の流出や堆積が多い。地点2でも夏期には磁製板の一部が埋もれることがあった。

地点2における磁製板の付着物乾燥重量（以下DWと略す）とクロロフィルa量（以下chl-aと略す）の経時変化を図1に示した。夏期には、3か月以上調査を続けても、最大がDWで4.7g/m²、chl-aで0.97mg/m²と少ないが、冬期にはDWで52g/m²、chl-aで527

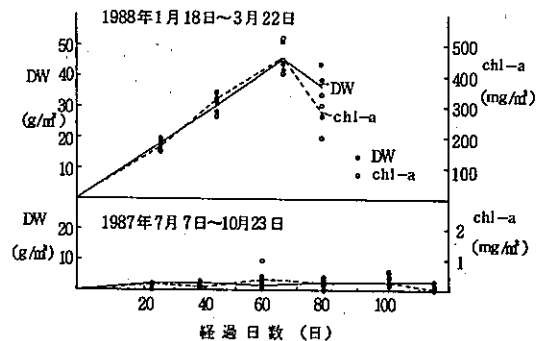


図1 磁製板の乾燥重量とクロロフィルaの経時変化

mg/m²の最大値が得られた。この冬期の値は相崎の多摩川丸子橋での報告³⁾にある最大190g/m²、通常80~130g/m²の付着量、chl-a最大1500mg/m²より小さい値となった。また図1で、冬期は約0.9g/m²/日の生長速度で増殖のピークに達した後剥離しているが、この値も相崎の結果より小さい。多摩川丸子橋の水質が直上流の田園調布堰上の水質に近いとみなして上の結果を考察すると、玉川上水はりん濃度が高いが、BOD(生物化学的酸素要素量)や栄養塩類濃度がほぼ等しいにもかかわらず、特に夏期の生物生産量は著しく小さいことが分かる。このように、磁製板の生物膜の増殖が小さいのは調査地点での照度が大きな制限因子になっているためと考えられる。地点2では、両側の堤が高い上に樹木が密生しているため、日照が遮られ、照度は夏期には水面上で500~1500ルクスに減り、落葉する冬期では逆に3000~3800ルクス、点在する木漏れ陽の当たる部分が6000~15000ルクスであった。照度の増加により冬期の方が藻類量が増え、chl-aが高くなるのであろう。このこと

表1 地点1の現存量

採取日	1987年 7月29日	1988年 3月8日
乾燥重量 (g/m ²)	20~50	103~130
クロロフィル a (mg/m ²)	123~210	725~1080
炭素量 (g/m ²)	4.95~10.6	20.5

は、樹影によって日照が遮られない地点1での現存量が表1のように、DW、chl-a共に高い値となることから明らかである。

地点2の磁製板毎の分析値の変動はDW、chl-aともに生長初期では少く、最高値に達した頃に大きいが、これは板表面の照度のばらつきのほか、生物膜が厚くなることによる膜下層への照度の低下や剥離が部分的に生ずるためであると考えられる。

次に、DWと炭素量、窒素量との関係を見ると図2のように良い相関を示した。磁製板では、

$$C = 0.204 \times DW + 0.242 \quad (r = 0.995)$$

$$N = 0.0303 \times DW + 0.0322 \quad (r = 0.990)$$

地点1の岩石表面の現存量及び地点2の礫表面の現存量では

$$C = 0.188 \times DW + 1.27 \quad (r = 0.973)$$

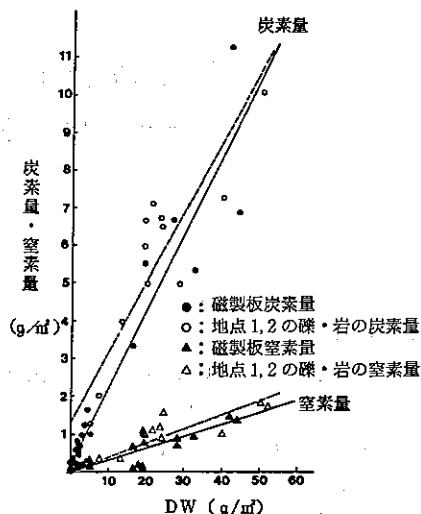


図2 乾燥重量と炭素量、窒素量の関係

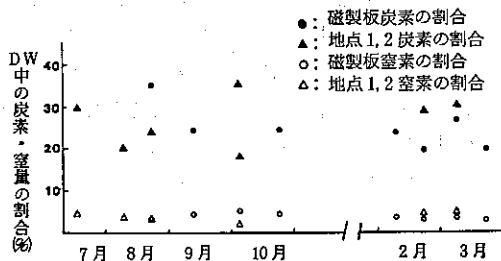


図3 乾燥重量中の炭素量、窒素量の経時変化

$N = 0.0370 \times DW + 0.0291$ ($r = 0.970$) の回帰式が得られた。ただし、C、Nはそれぞれ炭素量 (g/m²) 窒素量 (g/m²) である。

また、C/N比は磁製板で5.0~7.7であり、微生物体組成を表わす比⁷⁾に近い値であった。DWに対する炭素量、窒素量の割合の調査日毎の平均値を図3に示した。炭素量、窒素量の割合はそれぞれ20~35%、2.4~5.9%で経時的変化は少なかった。このことからDWは微生物量に比例する量であるといえる。

また、chl-aと炭素量との関係を図4に示す。chl-aと炭素量との間には相関が明確に認められなかった。これは炭素量にはクロロフィルを含有する藻類だけでなく、細菌等の生物由来の量も含まれていることを示唆し

ている。このことについて渡辺⁴⁾らは、汚濁した河川では、chl-a量と付着有機物量とは対応しなくなると述べている。

クロロフィルの吸収曲線(図5)を見ると、冬期の試料はいずれも665, 645, 630nmに典型的な吸収極大を示すが、夏期には665nm付近の小さな吸収が見られるだけであり、藻類がほとんど増殖していないことを示している。また、図6に示すように冬期の磁製板はクロロフィルcの比率が高いことから、試料は珪藻の種が多いことが推測される。

藻類の種類の検索結果は、以下のとおりである。地点1の岩石表面では、藍藻の *Homoeothrix varians* が最大優占種で、次いで緑藻の *Oedogonium sp.*, 珪藻の *Navicula seminulum*, *Nitzschia amphibia*, 藍藻の *Lyngbya sp.* 等が多く見られた。地点1のように日照が十分に富栄養化した水質では、藍藻や糸状性緑藻が良く生長するといわれるが、肉眼でも濃い緑色の糸状藻の厚い層が観察された。

一方、地点2は磁製板、礫ともに珪藻の *N. seminulum* が最大優占種で、夏期には *N. amphibia*, 冬期には *Gomphonema parvulum*, *Oscillatoria spp.* 等が優占種で、全体に珪藻が多いが通常の河川より種類数が少なかった。特に夏期にはその種類数、細胞数ともに少なくクロロフィル量の結果とも一致した。これは日照の少ないことが緑藻の増殖を妨げていること、水温や水質の変動の少ないこと等が起因していると考えられる。

津田の汚水生物学的指標生物表⁸⁾その他によれば、これらはいずれもβ強腐水性種ないしα中腐水性種であり、玉川上水は非汚濁耐性種の生育には適していないことが分った。玉川上水と同じ水源の野火止用水についての川原らの調査⁹⁾でも、同様に藻類の種類数が少なく、珪藻がほとんどであったことを報告している。

なお、藻類の検索は三洋水路測量所に委託して行った。

4 おわりに

玉川上水は水温、照度、水質の硝酸態窒素及びりんの濃度が高いことなどの条件が一般の河川と異なるため、付着性微生物生産においても、次のような特徴が見られた。すなわち夏期と冬期で生産量に大きな差があること、藻類の種類数が少ないことなどである。

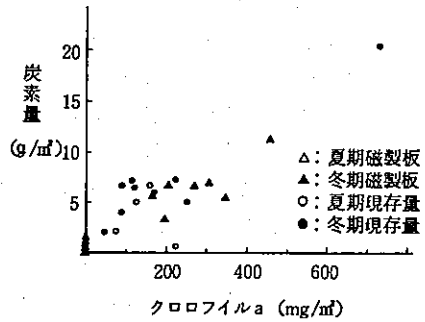


図4 クロロフィルaと炭素量の関係

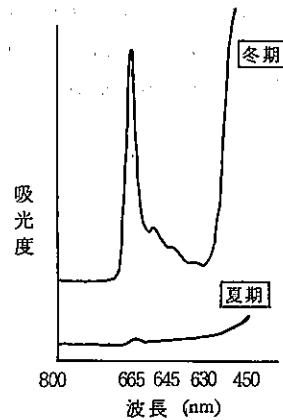


図5 クロロフィルの吸収曲線

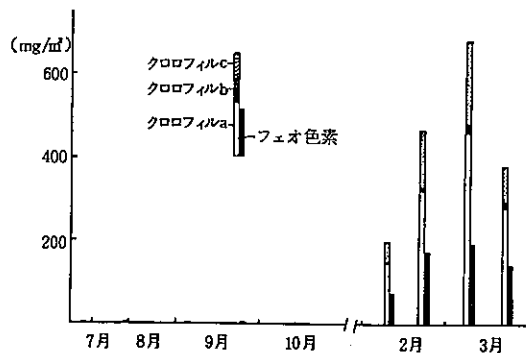


図6 クロロフィルa, b, c, フェオ色素の変化

夏期の低い生産量は、樹影による低照度と泥の流出による河床の不安定²⁾や、ユスリカの幼虫の営巣により藻類の生長が妨げられるためと考えられる。したがって、夏期においても、日照等の条件が変われば付着性微生物の生産量が高くなる可能性を示している。

今回の調査では主として藻類の生長量から付着性生物の生産量を捉えたが、ほかに細菌類等の富栄養河川に対する生物的浄化作用の役割は大きいと考えられたので、今後はこの点についての定量的解明を試みてみたい。

参考文献

- 1) J.K.G.Silbey and A.W. Roach : Studies on microbiotic cycles in surface water, J.Ame.Water Works Asso. 56 60 (1964) .
- 2) 渡辺正子ら：清流の復活に関する研究（その7）, 東京都環境科学研究所年報1989, p142.
- 3) 相崎守弘：富栄養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, 41, 225 (1980) .
- 4) 渡辺義人ら：河川の付着性微生物による有機物の生成, 用水と廃水, 17, 685 (1975) .
- 5) 西条八束：陸水学雑誌, 36, 103 (1975) .
- 6) 東京都環境保全局：昭和60年度公共用水域の水質測定結果
- 7) 中田喜三郎, 中根徹：三河湾における懸濁態有機物, プランクトン, マクロベントスの化学組成と環境水中の栄養素比, 公害資源研究所彙報16 1, p.45~57 (1986) .
- 8) 津田松苗：汚水生物学, 北隆館 (1970) .
- 9) 川原浩ら：小水路維持用水としての下水処理水の利用, 水質汚濁研究, 11, 231 (1988) .