

## II-45 抽水植物の水質浄化機能

北海道大学工学部 学生員 清田 康明  
 北海道大学工学部 正会員 橋 治国  
 北海道大学工学部 フェロー会員 黒木 幹男  
 北海道大学工学部 フェロー会員 板倉 忠興

### 1. はじめに

近年、河川機能としては治水機能や利水機能だけでなく環境機能なども求められ、環境を考慮した河川づくり(多自然型河川工法など)や、それに関する研究が積極的に行われている。そのなかで水生植物の繁殖する水際や湿地の生態系が種々の機能を持つことが見直され、その水質浄化作用が注目されつつある。その作用は、植物に付着している微生物などの多様な生物群が相互に作用していると予想される。

そこで本研究では、抽水植物(クサヨシ)に付着する微生物とその場の流れに着目し水質浄化機能の効果を示す。

### 2. 調査河川

調査した河川は早来町を流れる安平川水系フモンケ川である。フモンケ川は図1に示すとおり遠浅川～安平川へと注ぐ川で、全長約10km、幅約5m、平均流量0.29 m<sup>3</sup>/s(平成7年7月～12月)、上流北側は自衛隊演習場、河川の東西には牧場が広がっている。富岡橋から遠浅川合流地点まで(4.2km)はほぼ全域にわたり右の写真のように、中央に幅約1.5mの非植生域があり、その両側にクサヨシの植生域がある。本研究では主に草生橋付近で調査を行った。

### 3. ヨシ周辺の流れ

調査河川での横断方向の河床と流速を右の図2、図3に示す。

河床は、非植生域と植生域では大きく異なる。植生境界から1m以上離れると、非植生域に比べ植生域では水深が半分以下になり、河床の成分も非植生域では小石混じりの砂なのに対し、植生域では泥である。植生域の河床は、小石混じりの砂(非植生域と同様のもの)の上に



図-1 フモンケ川



写真-1

Water purification by emersed plants

by Yasuaki KIYOTA, Harukuni TATIBANA, Mikio KUROKI and Tadaoki ITAKURA

泥が覆い被さっている。このことと図3の流速分布より、植生境界から1m以上離れると河床の変化はクサヨシによる流速減少により泥が堆積して起こるものであるといえる。

流速も河床と同様に植生境界から1m以内で急激な変化があり、1m以上離れると、5 cm/s 以下の流速に落ちつく。

以上の河床と流速の様子から、植生境界より1m以上離れると一様な状態が広がっていると考えられる。

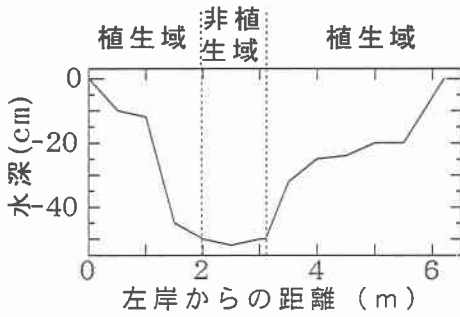


図2—河床

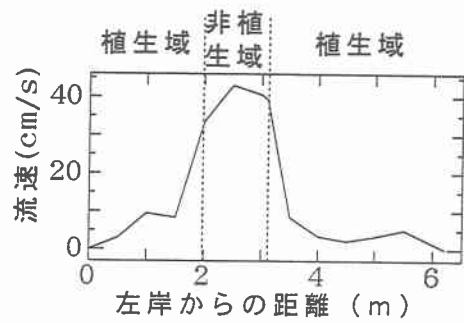


図3—流速

図4に流速と密度の関係を示す。密度は30 cm<sup>2</sup>でヨシを囲い、それを刈り取り、その本数を数えた。それと同時に任意の10本の直径を測った。図で用いている密度は1m<sup>2</sup>当たりの本数にその地点の平均断面積を乗じたものである。

図から分かるように流速は密度に依存する。しかし、植生境界から1m以上離れると、流速は密度の影響を上回るほど小さくなるように植生境界からの影響のほうが流速に与える影響が大きい。

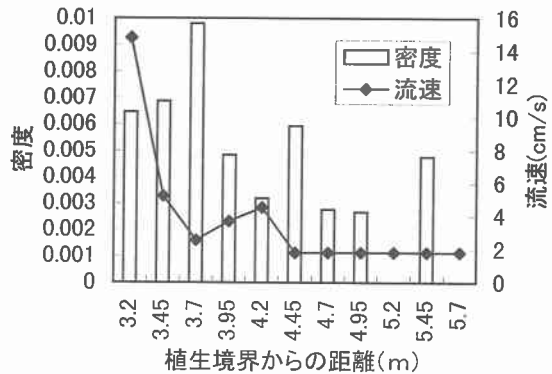


図4—流速と密度

次に図5に植生域の横断面図を示す。図で示すように、植生境界から植生域のほうへ10カ所、その個々で鉛直に4分割し、5地点の流速を測定した。

その結果が図6である。

植生境界から0.3m以内での下層流速が大きくなっているのは、横断面図から分かるように、その位置にクサヨシがないからである。またどの地点においても上層の流速がその地点での最大流速の半分ぐらいであるのは興味深いところである。このこともヨシの中の様子よりその原因が予想できる。図7にヨシの断面図を示す。このようにクサヨシは水面より上の部分が水面に倒れその部分の密度がその他の部分よりも大きくなる。また水面より上

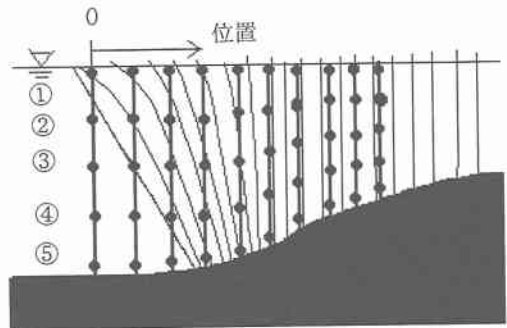


図5 クサヨシの横断面図

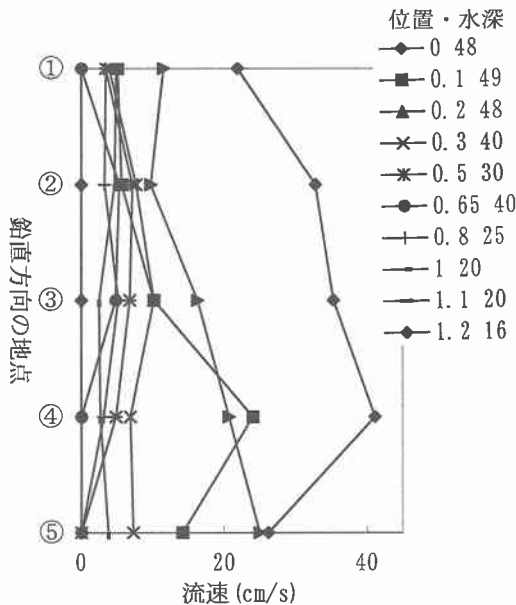


図6—植生域の流下方向の流速の鉛直分布

の部分のほうが水中の部分よりも葉が多い。この二つが、上層の流速が他の部分に比べて小さい原因であるといえる。

鉛直流速の、その地点での最大は、1カ所(1.8 m地点)をのぞいて、中層である。また、下層に近づくほど河床の影響を受け流速が減少する傾向にある。

植生域の流速は、その場所のクサヨシの様子(茎の乱れ具合や密度)に影響されるが、上層と下層でそれぞれ大きな粗度が存在する。

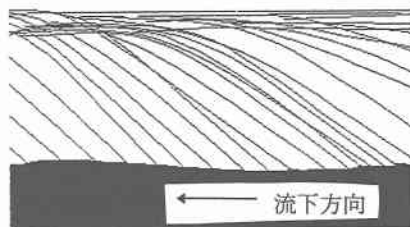


図7—クサヨシの縦断面図

底面粗度と水面粗度

図8のように水面と底面からそれぞれ軸をとると以下の式を導ける。

$$\frac{u_a}{u_{sa}} = \frac{1}{\kappa} \log \frac{y_a}{k_{sa}} + c_a, \quad \frac{u_b}{u_{sb}} = \frac{1}{\kappa} \log \frac{y_b}{k_{sb}} + c_b$$

ただし、 $u$  : 流速、 $u_\tau$  : 摩擦速度、 $\kappa$  : カルマン定数、 $k_s$  : 粗度高、 $c$  : 積分定数

$y_b = h_b, y_a = H - h_b$  で  $\frac{\partial u_a}{\partial y_a} = \frac{\partial u_b}{\partial y_b}$ ,  $u_a = u_b$  として整理すると以下ようになる。

$$\frac{H - h_b}{h_b} = \frac{u_{sa}}{u_{sb}} = \frac{\frac{1}{\kappa} \log \frac{h_b}{k_{sb}} + c_b}{\frac{1}{\kappa} \log \frac{H - h_b}{k_{sa}} + c_a} \cong \left( \frac{\frac{h_b}{k_{sb}}}{\frac{H - h_b}{k_{sa}}} \right)^{\frac{1}{6}} = \left( \frac{h_b}{H - h_b} \right)^{\frac{1}{6}} \left( \frac{k_{sa}}{k_{sb}} \right)^{\frac{1}{6}}$$

ただし、 $\frac{u}{u_\tau} = \frac{1}{\kappa} \log \left( \frac{y}{k_s} \right) + c \cong 7.66 \left( \frac{y}{k_s} \right)^{\frac{1}{6}}$

よって  $\frac{H - h_b}{h_b} = \left( \frac{k_{sa}}{k_{sb}} \right)^{\frac{1}{5}}$  となる。

このことから水面付近の粗度と河床の粗度は

$h_a$  と  $h_b$  の比の  $\frac{1}{5}$  乗に比例する。

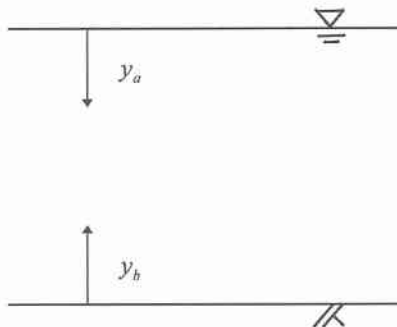


図8

#### 4. 流れと細菌

図9に流速と付着面積当たりの好気性従属細菌の関係を示す。(好気性従属細菌は有機物分解に酸素を用い生活増殖に有機物を必要とする。)

細菌は植生境界のクサヨシと、植生中央のものとは比べると、植生境界のものの方が多く細菌が付着している。また、個々のクサヨシでは上層の方が下層よりも細菌が多い。前者の理由は測定結果より考えると流速によるものとなる。後者の方の理由は以下のように考えられる。好気性細菌は水中に溶解している分子状の酸素(溶存酸素)を必要とし、その溶存酸素は、大気より水面を通して供給され、その効率は流れの状態に依存しており、乱れや波、気泡の巻き込みなどによって促進されるが、一般に河川の平均流速が大きくなると多くなり、水面からの距離が大きくなるにつれて少なくなる。

このことにより上層より下層の方が細菌が少なくなり、また流速によっても細菌が影響を受けることが解る。

また好気性従属栄養細菌数は、流速により半分程度、水面からの距離で約1桁の違いを生じる。

#### 5. 考察

クサヨシが河道内に生えることにより、河川環境は大きく変化する。生態系の一部として食物連鎖の生産者の働きをし、河川の流れを変化させ、付着性好気性微生物の増殖のための場所を提供して、その細菌が有機物分解を行い水質の浄化能力を増幅させるなどが起きる。

流れは大きく変化する。植生境界より1m以内で流速は大きく減少し、1m以上離れると流速は5 cm/s以下のほぼ停滞水域のような状態が生まれる。この場では流速が遅いので流れによる酸素の供給がしにくく、クサヨシが覆い被さっていることにより水面付近に粗度が生じ空気の循環も悪くなるので、細菌数が少なくなる。また酸素がなく植生境界付近より有機物分解が少なくなる。

このように植生境界から離れた地点でも流れが生じるような密度の薄い生え方のほうが水質浄化を期待するうえで望ましい。

#### 6. 参考文献

- (1) 永札英明、吉沢香、橘治国：大型水生植物の葉と付着生物による河川内水質変換
- (2) 小島貞夫：自然の浄化力を利用した水質改善、用水と排水、Vol.24、No.1、p5~12
- (3) 浅井重政、長谷川和義、渡邊康玄、金高州吾：ヨシを有する河岸の浸食・堆積に関する大型水路実験、土木学会北海道支部論文集第52号(B)

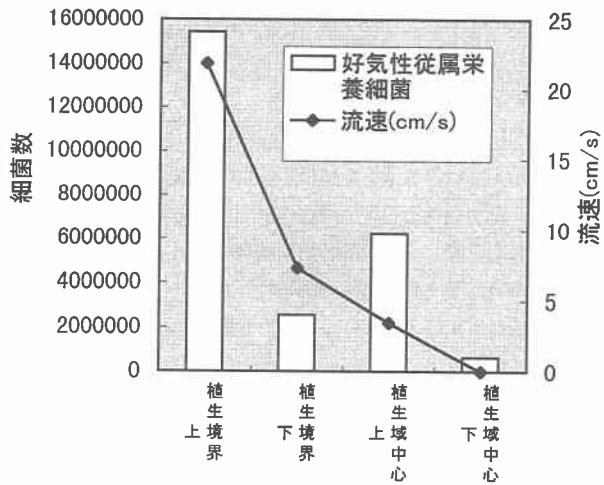


図9—流速と付着面積当たりの好気性従属細菌数