



Title	抽水植物群落の水環境と保全-群落内の流速、水質分布と付着生物-
Author(s)	山本, 浩一; 吉沢, 香; 清田, 康明 他
Description	第5回衛生工学シンポジウム (平成9年11月6日 (木) -7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 測定・調査 . 5-8
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 5, 211-216
Issue Date	1997-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7735">https://hdl.handle.net/2115/7735</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	5-5-8_p211-216.pdf



## 5-8

# 抽水植物群落の水環境と保全

— 群落内の流速、水質分布と付着生物 —

○山本浩一、吉沢香、清田康明、橘治国(北大院工)、土田大輔(北大工)、中山亮(北海道開発コンサルタント)

### 1. はじめに

最近の河川法の改正にも見られるように、日本の河川管理のあり方が治水を最優先としたものから、生態系、水辺のあり方をも考慮したものに移りつつある。

ヨーロッパで行われている近自然工法に見習った多自然工法も日本各地で試されている。近自然工法において、抽水植物群落は重要視されており、水制としてはたらしきのほか、豊かな生態系を生み出す効果や水質浄化機能があると言われている。

そこで筆者らはこの抽水植物群落が形成する水環境に注目し、群落内の流速や水質の分布、あるいは付着生物の分布を調査し、その特徴について検討した。また自然生態系を維持する効果や浄化機能について考察した。

### 2. 調査水域と調査の概況

北海道早来町の安平川水系フモンケ川を調査対象水域とした(図1)。フモンケ川は馬追丘陵南部に端を發し、遠浅川に合流し、最後は安平川に合流して太平洋に注ぐ。フモンケ川は川幅4から6mの小河川で、平水流量は $0.26\text{m}^3/\text{s}$ である。上流は自衛隊演習林のある山林を流れるが、中下流部は牧場、畑地の中を縫うように流れる。そのため中下流部では栄養塩の濃度が比較的高く、下流の調査地点である草生橋で全窒素 $2\sim 3\text{mg}/\text{l}$ 、全リン $0.01\sim 0.1\text{mg}/\text{l}$ である。しかし有機汚濁の程度は低く、BODは $0.5\sim 2\text{mg}/\text{l}$ である。このフモンケ川の遠浅川に合流する $1.5\text{km}$ 上流(草昭橋地点)から下流は、河岸に沿ってクサヨシ(*Phalaris arundinacea*)やヨシ(*Phragmites australis*)が密生している(写真1)。クサヨシ、ヨシの一部は冠水しており、その根元にはきめの細かい有機質に富んだ底泥が堆積している。従って植生のない主流部が $2\text{m}$ ぐらいの幅になるところもある。今回は草生橋周辺を1996年7月から1997年9月にかけて実施した調査結果について報告する。またフモンケ川の比較研究として行っている多摩川の調査例も参考として示すこととした。



写真1. フモンケ川

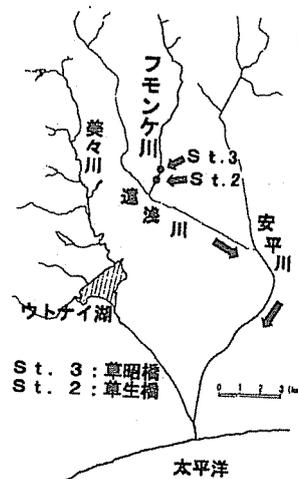


図1. 対象水域

### 3. 結果と考察

#### 3.1 群落内の流速分布

図2は草生橋地点における河川横断面の流速分布である。群落フロント（群落と本流の境界）より岸側に50cmまでの地点の流速変化が著しい。群落の内部で流速は1から2cm/sで安定する。条件によっては完全に死水域になるところも存在する。なお側岸植生による流速の逓減効果により（辻本ら<sup>1)</sup>）、群落内には非常に細かな粒子が沈殿し、本流とは異なる特異な底泥を形成すると推測される。我々の調査でも、群落内底泥には、多くの細菌（例：好気性従属栄養細菌=2.7×10<sup>6</sup>個/g乾泥）、ユスリカの幼虫、ヨコエビ等の生息を確認し、河川生態系をになう生物が生息していることがわかった。

また我々の観測では、絡み合うクサヨシの地下茎によって底泥は保持され、増水によって全量が流出することはなかった。

また増水時の水制として効果のあった例を図3（多摩川拝島橋、1997年6月21日）に示す。観測時多摩川は台風による増水中で、通常より水位はかなり高かった。刈り取りによって、植生の流速逓減効果を評価するため、その前後で流速の変化を調べた。平均流速こそ7.3cm/sの差しかなかったが、もともと植生のあったところでは流速が逓減されていたことがはっきりわかる。

#### 3.2 群落内での水質変化

3.1で述べたように抽水植物群落内は、特異的な流れの環境で極めて流速が遅く、底泥が蓄積するほか、観察では水中の茎に藻類やバクテリアを主体とした生物膜の形成を認めることができる。このような場が形成されることによって群落内の水質は変化し、さらに変化した水質によって生態系は影響を受ける。図4と図5に、それぞれ1996年9月、1997年7月に測定したデータを示した。特徴を以下に列記する。

**（溶存酸素）** 水温が20℃程度になる7月日中(1997年)では主流部で飽和率100%に対し群落内は50%に達するところがあった。水温が12℃~15℃と低下する9月(1997年)の

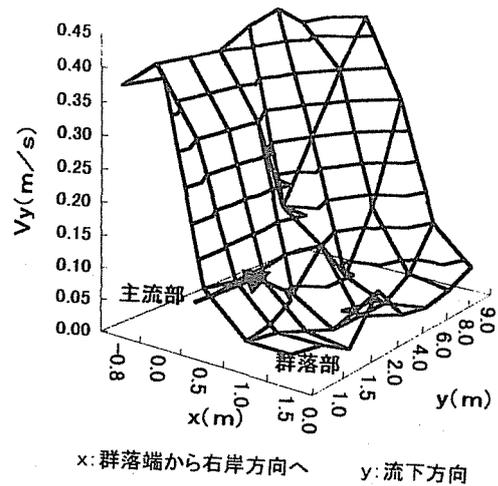


図2. クサヨシ群落内の流速分布 (96. 9. 23)

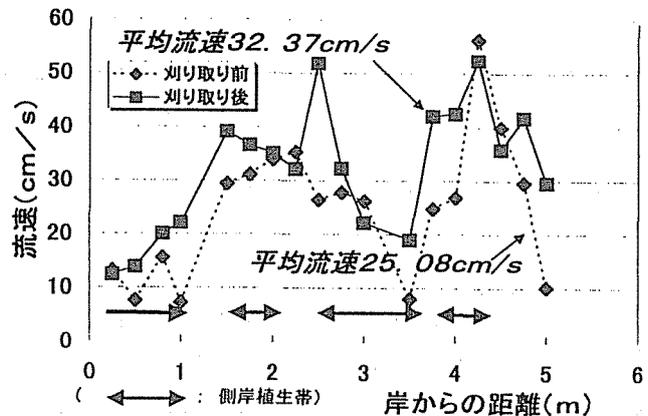


図3. 側岸植生の流速逓減効果 (多摩川拝島橋右岸)

日中でも群落内の溶存酸素濃度は群落内で低下する傾向があり主流部で飽和率98%に対し群落内は74%であった。すなわち群落内の底泥及び付着生物膜上の細菌等の呼吸により酸素が消費され、特に夏季の高水温時に酸素消費が活発であることがわかる。

**（電気伝導度）** 1997年7月の測定結果では、群落内部の滞留の著しい地点において高くなる傾向があった。溶存酸素とパターンが逆になり、溶存酸素とは負の相関が現れている。何らかの溶存イオンが呼吸に伴い溶出していると思われる。

**（水温）** 水が滞留するところでは水温が若干上昇する傾向にあったが、それほど流速との相関は認められなかった。

**（アンモニア態窒素、溶存態反応リン）** 1996年9月に調査したときの結果では、群落内で濃度が高くなる傾向が見られた。群落内部で有機物の分解が卓越しているものと思われる。群落内では必ずしも溶存栄養塩の除去等の自然浄化が主要な水質変化ではなく、逆に劣化

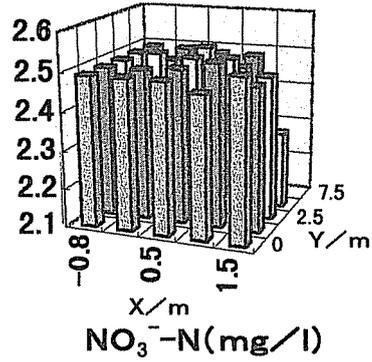
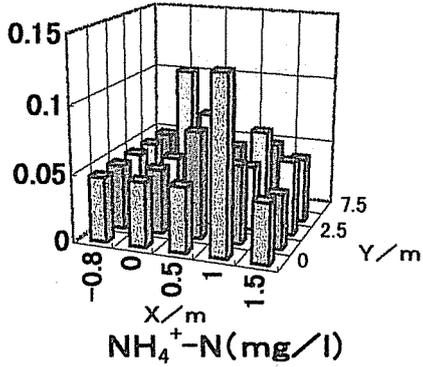
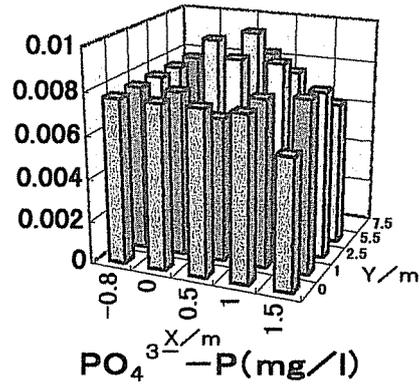
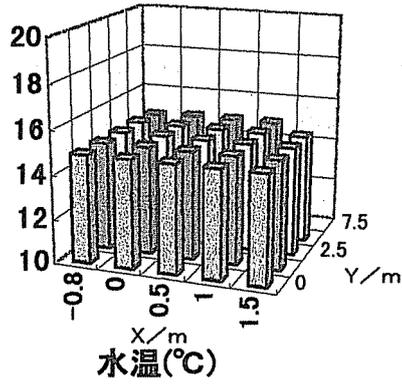


図 4 .クサヨシ群落内での0.5mメッシュでの平面水質分布(1996. 9. 23)  
(X: 群落端から内部へ/m)  
(Y: 上流側から流下方向/m)

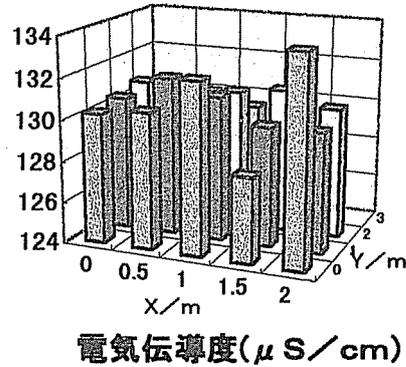
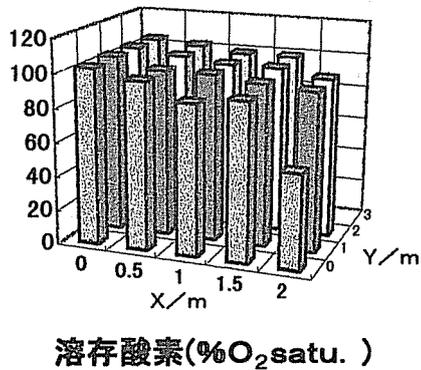
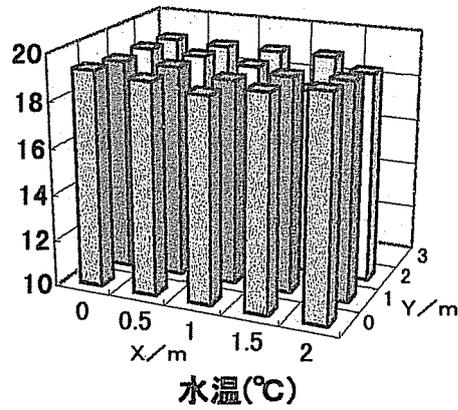
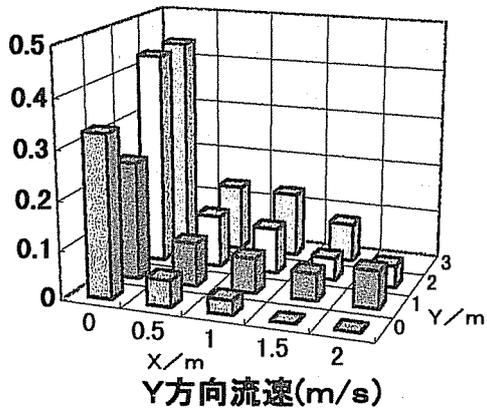


図 5. クサヨシ群落内での0.5mメッシュでの平面流速、水質分布(1997. 7. 27)  
(X: 群落端から内部へ/m)  
(Y: 上流側から流下方向/m)

するケースがあるわけである。すなわちこれは群落内に多くの生物が存在していることを示し、栄養塩が溶出することも豊富な生態系を維持する要因の一つと考えられる。

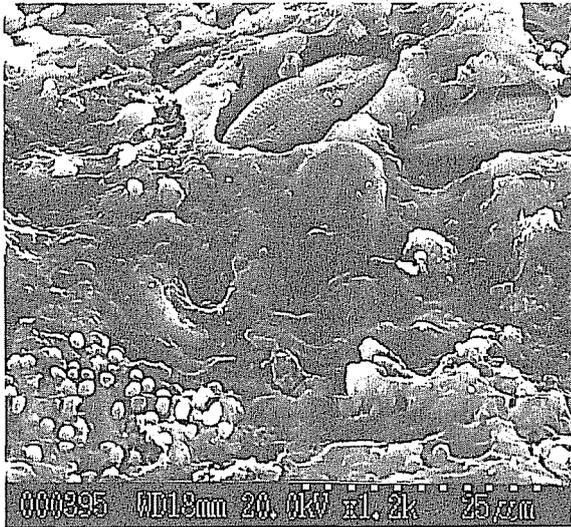


写真2. クサヨシ表面の付着微生物の走査電顕像

### 3.3 抽水植物付着微生物の組成と増殖について

#### 3.3.1 現存量の分布とその組成

写真2で示すようにフモンケ川の抽水植物群落の植物表面には多くのバクテリアを始め、珪藻類、緑藻類、またデトリタス様の物質が付着している。この多様な生物群集は群落内の水質に影響を与える因子の一つであると推測できる。

図6に1996年11月から12月にかけて測定した付着微生物の現存量を示す。クサヨシを、群落フロントと群落内部の代表的なポイントから何本か選び、それぞれについて水面に近い部分と川底に近い部分に分け付着物量を分析した。

藻類量の目安であるChl-aの現存量は、流水に接する群落のフロントの方で大きいことがわかる。Chl-aはその付着担体周辺の流速に対応して増加する。

好気性従属栄養細菌は水面に近い方、ならびに群落の内部で多くなっている。流速に対応して付着密度を増すことはなく、かえって流速の遅い群落内部、またフロントでも比較的流速が抑えられる水面側で現存量が多い。このように藻類と微生物は、全く異なった分布域

を示す。

藻類への栄養塩は河川水から供給されていると推測でき、流速が速くなると藻類周辺の濃度勾配が急になり栄養塩の供給が活発になる。また密生群落内では遮光されて光合成速度が小さくなるため付着量に差が出ると考えられる。

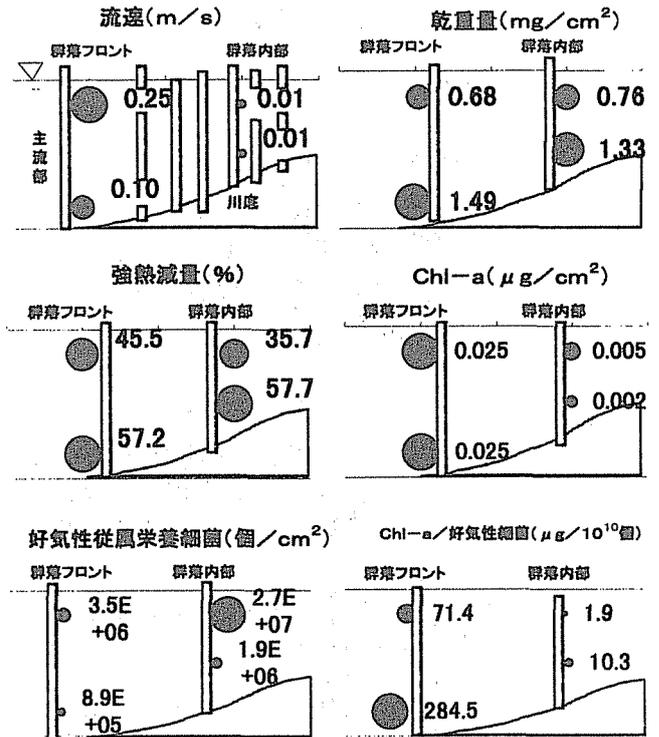


図6. クサヨシ上の付着微生物の分布 (1996年11月~12月)

好気性従属栄養細菌は河川水中の有機物に依存しておらず、膜体中のデトリタスや枯葉、藻類の分泌物等を分解していると考えられる。もし河川水中の有機物を摂取しているとするれば流速に応じた現存量の増加が見られてもよい筈である。

我々の観測で流速が小さい群落内において水中の懸濁物質が、密生する植物体の表面にブロック状となって集積しているのを確認しており、そういったものが集積しやすい環境のところで細菌の現存量が大きい。

また付着物総量としての乾重量は一般に川底に近い方で多い。有機物の含量を示すと考えられる強熱源量と乾燥重量の比は30%以

上であるが、この数字は一般に河床の付着物で得られている 10-30% よりもかなり大きく、川底側では 50% 台になる。

これは植物上の生物膜が河床の砂などの影響を受けにくい、また底の方に沈殿したフロックの有機物含量が高いことを示している。

付着担体がほぼ垂直に立っていることにも関係していると考えられ、後述の塩ビパイプ上で増殖した付着生物膜も 40% 台と、有機物含量は高い。いずれにしても有機性の懸濁物質が多量に群落内で沈降することがわかる。

### 3. 3. 2 塩化ビニールパイプ上の付着生物膜の増殖実験

群落内の藻類増殖速度の差を明らかにするため、32mm φ 塩化ビニールパイプを主流部(植生無し、流速約 0.3m/s)、群落フロント(0.1m/s 程度の流速)、群落内部(0.01m/s 程度の流速)の 3カ所に 2本ずつ配置し、付着量の変化を調査した。1996年 11月 16日から 20日後、40日後に付着物をはぎ取って分析に供した。またパイプ上にビニールテープを巻き付け生物膜剥離時にはがして SEM 観察用の試料を作成した。用いたパイプは設置前にサンドペーパーで研磨して表面を荒立てた。

図 7 に示すように、単位面積当たり付着物乾重量はフロント、群落内部で直線的に増加するが、主流部では指数関数的に増殖した。Chl-a はそれぞれ指数関数的増殖を示し、常に主流部 > 群落フロント > 群落内部であり、

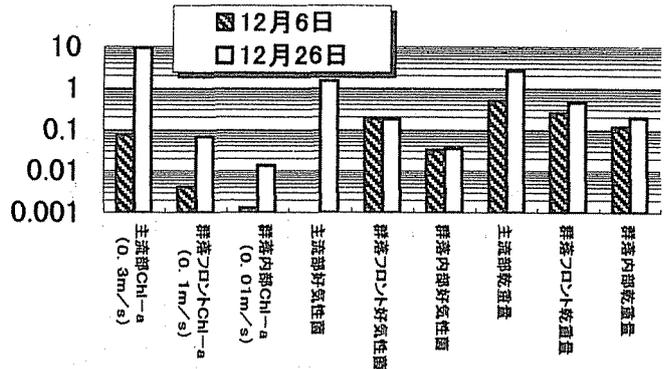


図 7. 塩化ビニールパイプの付着生物膜の増殖実験 (Chl-a:  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、好気性従属栄養細菌:  $10^5 \text{ n}/\text{cm}^2$ 、乾重量:  $\text{mg}/\text{cm}^2$ )

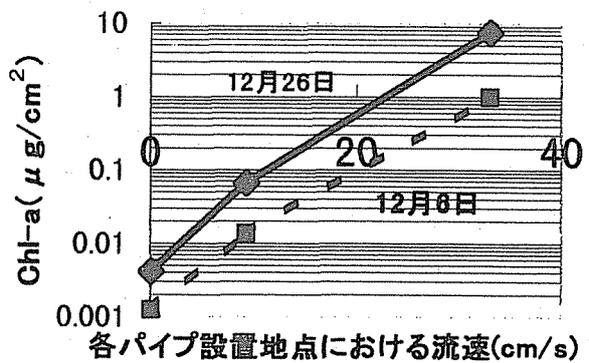


図 8. 塩ビパイプの付着 Chl-a と流速の関係

流速との相関をとると、Chl-a の対数に関して直線的分布をしている。この傾向は好気性従属栄養細菌についてもいえるが、細菌数は 20日目から 40日目ではそれほどの増加は見られない。これは細菌が増殖し安定した上に付着藻類が増殖するという一般的な付着生物膜の増殖と同じである。

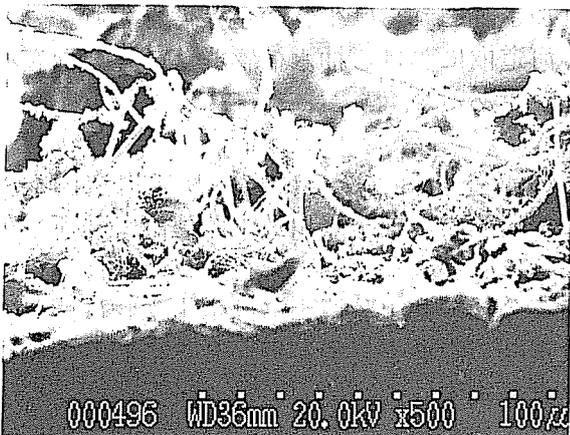


写真 3-1. 付着初期のパイプ上の生物膜 (設置から 20 日後、群落内)

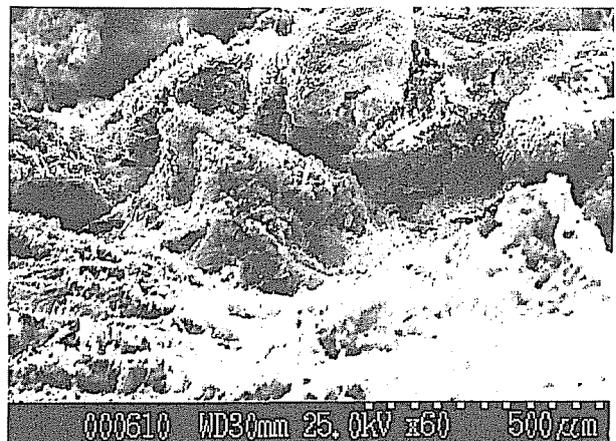


写真 3-2. 大量に付着したパイプ上の生物膜 (設置から 40 日後、主流部)

表面がなめらかな（サンドペーパーで研磨してざらざらさせてあるといっても）塩化ビニールパイプではなおさらのことであろう。電子顕微鏡の画像でも初期の生物膜は細菌の出すポリマー状の物質で表面が覆われている。（写真 3-1）藻類と細菌類が共生しているともいえる。

この実験において、細菌、藻類ともに特に主流部における増殖が著しい。流速の早い場所でこれだけ細菌が増殖することは一見 3.3.1 で述べたことに反するようにみえるが藻類と好気性菌の比をとると、群落内、フロントのパイプで  $0.2\sim 0.4$  ( $\mu\text{g}/10^7$ 個) であるのに対し主流部は  $62$  ( $\mu\text{g}/10^7$ 個) と、圧倒的に藻類の割合が高い。またクサヨシに付着する生物膜については群落内部で  $0.002\sim 0.01$  またフロントで  $0.07\sim 0.3$  であった。

このように流速とパイプ上の藻類の付着量には大きな関係があり、また流速に応じて藻類の割合も高くなった。SEM画像（写真 3-2）を見ても明らかに大量の藻類がバクテリアとともに付着しているのがわかる。

## 4. 結論

### 4.1 抽水植物群落の機能のまとめ

河川側岸の抽水植物群落について群落が生み出す水環境および群落内の付着生物について検討を加えた。これまでの結果をまとめると、

- 側岸の抽水植物群落は流速を減じ、多様な流速環境を創り出す。
- 流速の遅い群落内部では本流と異なる粒子の細かい底泥が堆積する。
- 群落内においては堆積した底泥および群落の植物体表面の微生物の活動により水質は変化する。特に夏季の高水温時には群落内の水の溶存酸素が顕著に消費される。
- 呼吸に伴い群落から栄養塩が溶出する。
- 多様な流速環境、植物体による光障害は群落内の付着生物の分布に影響を与える。

### 4.2 抽水植物群落の存在意義

人工的に造成した抽水植物群落を、意図的

な水質変換の場として利用する為の研究は多い。このような研究では主に群落に流入する水質の変化に着目する。

自然の抽水植物群落は、植物体と付着する生物膜、貝類、昆虫、また底泥と底泥に住む小動物、そして魚類など複雑多岐な環境と生態系からなっている。群落が浄化型に働くか汚濁型になるかは物理、化学的条件による生産と呼吸の微妙なバランスの揺らぎを反映するものであり、一概に群落が水質浄化に寄与するとは言いがたい。今回、栄養塩の溶出を示唆するデータも得た。しかしながら群落の植物体や底泥は紛れもなく河川水由来であり、大きな目でとらえれば群落は巨大な栄養塩の貯蔵庫であるともいえる。

抽水植物群落が創り出す多様な水環境は、たとえば遊泳能力の低い稚魚に避難場所を与え（流速の逓減）、スジエビ、トゲウオ科の魚類のように生活史上で抽水植物を必要とする動物に生活の場、産卵床を与える。付着する藻類はカワニナやヒラタマキガイのえさであり底泥表面を動き回るヨコエビは魚類のえさとなる。我々の調査ではカゲロウの一種の幼虫が見出された。これなど普通は大き目の石の表面に小粒の石を粘液で固めて巣とするのであるが、群落内では枯死した抽水植物体のかけらを集めて巣としているのが観察された。このためかこのフモンケ川にはヤマメが生息している。

このように抽水植物が河道内に存在することにより水環境に物理的、化学的な多様性が付加されこれらは生物の多様性を生む。これが河道内における抽水植物群落の重要な存在意義である。

#### 謝辞

この調査をおこなうに当たり北海道開発局石狩川建設本部千歳川放水路建設事務所、早来町には多大なご協力を得、また北海道栽培漁業公社の井上聡博士には水生生物に関して貴重なご指導を得ました。ここに記して謝意を表します。

- 1) 辻本哲郎：植生を伴う流れの水理／河川、湖沼、水辺の水質浄化、生態系保全と景観設計、工業技術院、293-310(1993)