

目的別テーマ：天然繊維の高機能化とその応用

17 年度研究テーマ

15-2-7：水生昆虫類の絹糸の構造解析とそれを利用した水質浄化法の開発

ABSTRACT

Caddisflies, one of the largest groups of aquatic insects, occur in most types of freshwater habitats such as springs, streams and seepage areas, rivers, lakes, marshes and temporary pools (e.g., reviewed by Wiggins and Morse). There have been few reports on the seasonal changes in emerging adult caddisflies in the rivers of Japan, but any associated disturbances due to environmental impacts from anthropogenic activities have either been overlooked, or no relevant studies have been published. Stenopsyche marmorata, net-spinning caddisfly, is the largest caddisfly species in size in the middle reaches of the Shinano. The net of the S. marmorata larvae is divided into two parts: one is a nest where the larvae live (type 1), and the other is a feeding net (type 2) which filters the river water and collects the particulate organic matter, POM. Few studies have been reported on the mechanical property and structure of the nets of S. marmorata, despite long-standing knowledge of their increasingly high densities. In this study, we attempted to examine the water purification by nest made by larvae of the same age during winter. Our result suggested that the sticky material, e.g., mucopoly-saccharide, plays an important role of attaching of POM to the insect's net.

研究目的

河川に生息する水生昆虫類の幼虫は、流速の早い環境でも石壁表面に巣を固定し、流されずに生活することができる。また、特にろ過食性の幼虫類は、水中に網を張り、網にかかった水中有機物を集めて捕食している。こうした幼虫類は絹糸腺を持ち、絹糸を吐き出して、巣や餌捕獲用の網を作ることが知られている。一方、これらの絹糸は水中でも極めて強固であり、また、餌生物にも目立たぬように、極めて細い材質で構成されている。本研究では、新しい繊維素材として、水生昆虫類の幼虫が吐く絹糸を利用できるかどうか、その可能性について調査・研究を行った。また、河川において、水生昆虫類が水質浄化のためにどの程度寄与しているのかについても実測し、その可能性について考察した。

一年間の研究内容と成果

1) 河川水の有機汚濁の主要因は、水中の有機懸濁物質であることが良く知られている。1月16日に採取した冬季の千曲川河川水には、水中懸濁物質(SS)がおおよそ10mg/L含まれていた。このうち、懸濁態有機物粒子(POM)はおおよそ1mg/L含まれており、SS中に含まれるPOM量は約10%であった。採集した河川水を自然沈降法により1Lから30mlまで濃縮後、POMを顕微鏡で観察した結果、河川水1Lには2,104,000個の有機懸濁物が存在することがわかった。

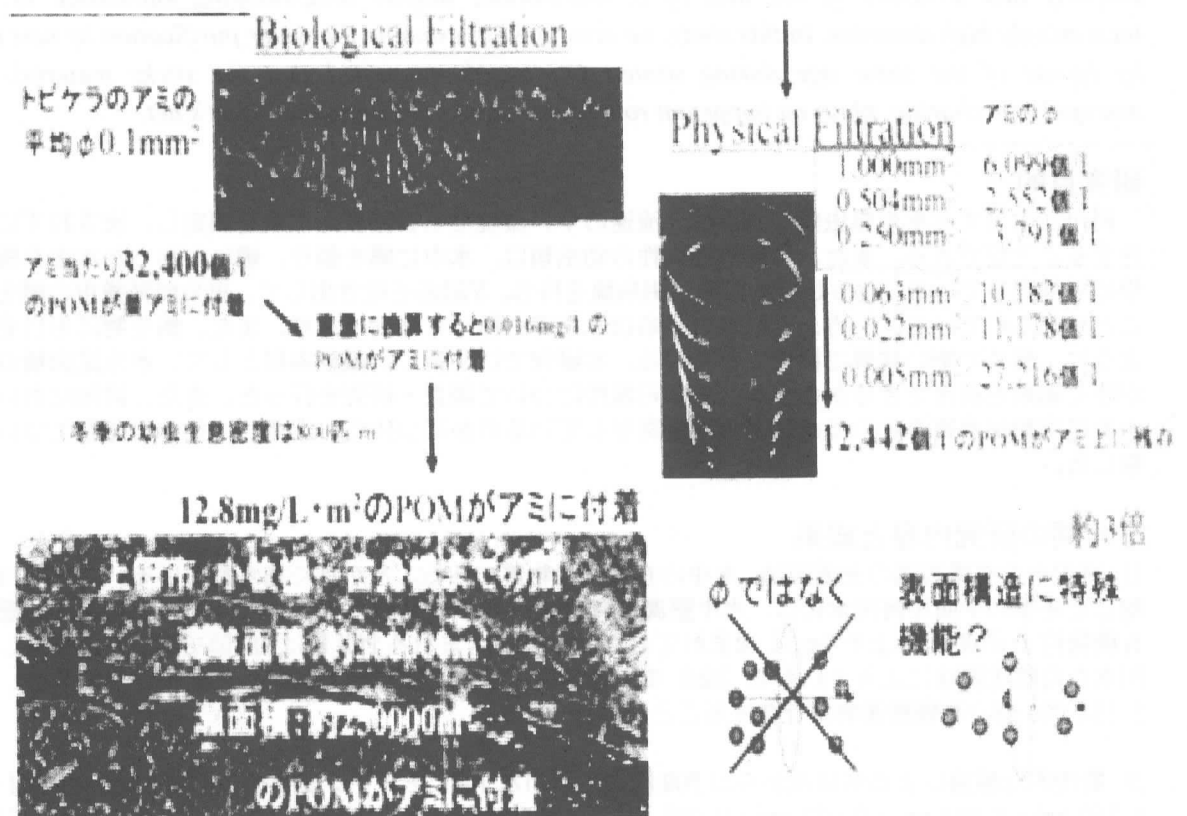
2) 物理的な濾過による河川水からのPOM除去：河川水100Lをメッシュサイズ1,000mm²・0.504mm²・0.250mm²・0.063mm²・0.022mm²・0.005mm²の6種類の篩を用いて分画した。それぞれの分画には1L中に、6,099個・2,552個・3,791個・10,182個・11,178個・27,216個のPOMが確認された。

3) 生物濾過による河川水からのPOM除去：ヒゲナガカワトビケラの巣アミ(前報まではType1と呼ぶ)を採集し、網の構造を詳細に計測した。巣アミの平均メッシュサイズは0.1mm²であり、メッシュサイズはアミのどの部分でも有意に異なることはなかった。1月16日に野外から採集してきた巣アミを蒸留水50mLをもちいて洗浄した結果、巣アミ1枚当たり、1L中に32,400個のPOM(0.016mg/L)が付着していた。冬季河川中にヒゲナガカワトビケラが800匹/m²の密度で存在している(福永, 2004)。このことより、巣アミ1枚当たり、12.8mg/L・m²のPOMがアミに付着すると推定された。

4) 上田市の小牧橋から古舟橋までの間の千曲川の流域面積は約 300000 m²である。そのうち、ヒゲナガカワトビケラが多く存在する瀬の面積は約 250000 m²である。この瀬にヒゲナガカワトビケラが 800 匹/m²で存在した場合、小牧橋から古舟橋の間で 3.2kg/L の POM がアミに付着すると推定された。

5) 巢アミのメッシュサイズより大きい 1.000 mm²・0.504 mm²・0.250 mm²の分画でとらップされた POM 数の合計は 1L 当たり 12,442 個であった。0.1 mm²メッシュサイズの巢アミは 32,400 個/L で物理的な濾過よりも約 3 倍の POM が付着していたことから、巢アミによる生物濾過には POM を効率よく捕らえる機構が存在する可能性が示唆された。Wotton & Hirabayashi によると、ユスリカ類の場合、水中有機物 POM の接着に mucopoly-saccharide などの物質が重要な働きをしていることが報告されている。本結果においても巢アミへの POM の付着に mucopoly-saccharide などの物質が、重要な働きをしていることが示唆される。

6) 冬季のヒゲナガカワトビケラは越冬世代と呼ばれ、200 日間を水中で過ごす。夏季におけるヒゲナガカワトビケラの 1 日の摂食量は 24mg になる。冬季は水温の低下により摂食量が低下する。仮に夏季の 10 分の 1 になった場合、2.4mg/日の摂食量となる。摂食量のうち、半分は排泄物として再び川に戻る。半分が同化されたと仮定すると、越冬世代は 1.2mg×200 日=240mg の摂食量が見込まれる。河川水中には 1mg/L の POM が含まれていたことから、240L 中に含まれる POM が越冬世代のヒゲナガカワトビケラ 1 匹の生涯で利用されることが示唆された。ヒゲナガカワトビケラが 800 匹/m²で存在した場合、1 日に 960L の河川水中の有機物が利用され、200 日間では 192000L の河川水中の POM が利用されることが示唆され、河川水中の有機物除去が生物活動によって冬でも活発に行われていることが示唆された。



展望

ヒゲナガカワトビケラは季節によって、成長や摂食行動が異なることが示唆された。今後は調査頻度を増やし、季節ごとに巢アミの大きさやメッシュサイズを調査すること、摂食量の調査を行うことが課題である。これが河川の自浄作用に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。さらに、本研究結果より、巢アミの濾過機能に加え、絹糸の物理的な機構に何らかのトラップ機構が示唆された。今後は糸の表面構造に注目していきたい。