

瀬切れが及ぼす河川環境への影響 (中間報告)

吉村 匡

四国地方整備局 松山河川国道事務所 調査第一課 (〒790-8574 愛媛県松山市土居田町797-2)

重信川は典型的な扇状地河川であり、瀬切れが頻繁に発生している。近年、特に砥部川下流では瀬切れ日数が増えており、水域に生息する生物の生息環境の悪化が懸念されている。そこで、瀬切れが水域内の生物にどのような影響を与えているかを把握するため定量的な調査を行った。(中間報告)

キーワード 瀬切れ, 表流水域, 河床間隙水域, 底生動物, 無脊椎動物

1. はじめに

松山平野を流れる重信川は集水面積が狭い上に、年間雨量 1300mm といった小雨が特徴の瀬戸内気候である。河川水量は元々少なく、松山平野が砂礫層が主体の扇状地地形であるため、河川水の多くが地下に浸透し瀬切れが発生する河川である。

近年、瀬切れの期間・区間が拡大しており、水生動植物の生息・生育・繁殖環境への影響が危惧されているが、その影響の解明については環境保全の重要な課題となっている。

本論文では、瀬切れが生物環境へどのような影響を及ぼすかについて調査を行った結果を中間報告をする。

2. 重信川の瀬切れについて

(1) 瀬切れ状況

重信川流域は日本では比較的年間降水量が少なく(約 1300mm) 重信川は幹線延長が 36km と河床勾配が非常に急であり、さらには土砂生産量が多いため、中・下流で



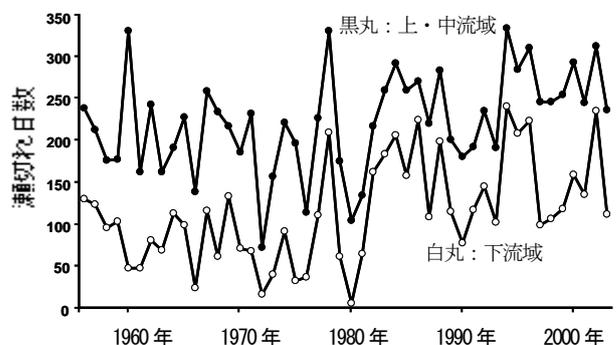
(図-1) 位置図

は古くから瀬切れが見られる。沿川 5 市町の人口は約 60 万人で重信川周辺では地下水や表流水の取水が盛んに行われており、その多くは松山市の水道、農業用水、工業用水に利用されている。

重信川の状態は大きく下流域、中流域、上流域 3 つの区間に分けられる。それぞれの区間で瀬切れが見られ、上流域・中流域は自然状態でも瀬切れが発生している。1970 年代からは瀬切れが拡大・長期化していることが指摘されており、下流域では自然状態では瀬切れがほとんど発生していなかったが、1980 年代から顕在化し、徐々に拡大・長期化している。

出合の流量が 5.0m³/s 以下で上・中流域で瀬切れが発生し、2.0m³/s 以下で下流域が瀬切れする状況であることが観察状況より判明している。よって水位データから当該流量以下の日数を瀬切れ発生日数とした。

また、下流域では 1990 年代から近年にかけて流量変動が大きくなっている傾向が見られた。



(図-2) 1956年～2003年の瀬切れが発生した日数

(2) 瀬切れの要因について

長期的な流量変動を見ると、近年、重信川の流量は減少していることが分かる。また、短期的には過去6年で数度の水位低下が起こっていることが分かる。この原因としては重信川近傍に浄水場施設が完成し取水を始めたことが原因と考えられる。この浄水場は重信川の伏流水を浅井戸群により取水しており、渇水時に多量の地下水を取水するため、重信川における表流水の減少の原因になりうる。

瀬切れの要因として一般的に言われている温暖化による小雨化も考えられるが、このような短期的な水位低下もまた近年の瀬切れ日数の増加を引き起こす要因と考えられる。

3. 瀬切れが生態系に及ぼす影響調査

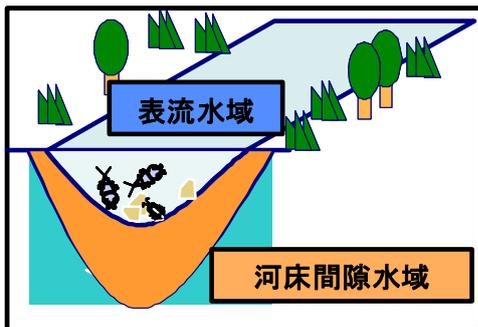
(1) 影響調査について

流量減少（水位低下）による河川生物への影響としては、利用可能な生息場所の縮小や分布の連続性への影響、堆積物の増加や栄養塩類の輸送量の減少による濃度増加などの環境改変等が考えられる。また、生物の群数や多様性の減少、特定種の優占が考えられる。

上記の減少は一般的に表流水域で起こりうる事象と考えられるが、河床地下に広がる河床間隙水域も影響を受けていると考えられる。河床間隙水域は砂礫間に表流水が浸透し地下水と表流水が混合した水域である（図-3参照）。河床間隙水域は広域に広がる場合があり、そこには多くの河川性無脊椎動物が生息することが知られており、河床表面と河床間隙水域を移動するものも存在する。

これら種々の影響を把握するため、主に水生昆虫により構成される河川性無脊椎動物の調査を行う。当該調査は簡便であると共に、世代時間に対応する一定期間の河川環境の状態をその群集構造が反映するため、河川生態系の状態を表す指標として広く用いられている。

また、長期的に実施されている表流域での調査結果に基づき、流程分布に及ぼす影響を長期的な観点から明らかにするとともに、河床間隙水域の生物も調査することで河川全体で起こっている影響を把握することとする。

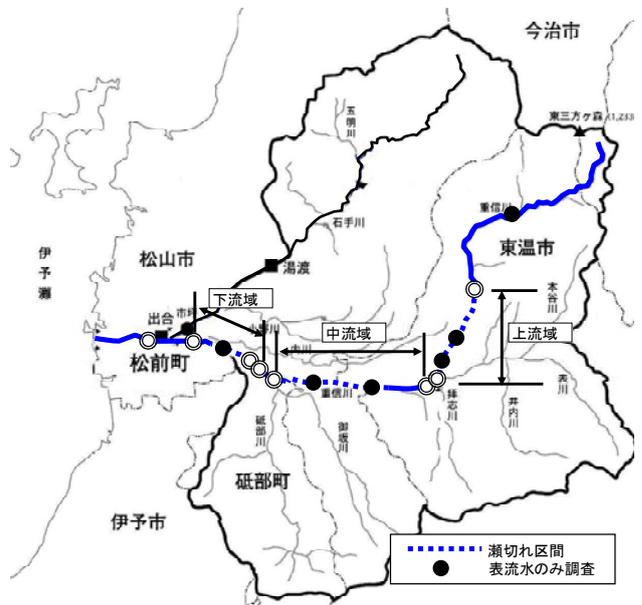


(図-3) 表流水域と河床間隙水域

(2) 調査地点概況

調査は重信川本流の流程に沿って計14地点の表流水域の調査地を設け、うち8箇所を河床間隙水域の調査も実施する調査地とした（図-4参照）。表流水域の調査地は上流、中流、下流の各瀬切れ区間に2地点ずつ、各瀬切れ区間の上下流端に1地点ずつ、全調査区間の最上流部及び最下流部に1地点ずつ設置した。これらの調査地に20m~40mの調査区間を設けた。表流水域調査は表流水が存在している調査地のみで行い、瀬切れの発生により流水が存在しない場合、または調査を行うための十分な流水が存在しない場合は調査を行わなかった。

河床間隙水域の調査地は、各瀬切れ区間の上下流端に1地点ずつ、最上流端部及び最下流端部に1地点ずつ設定した。但し瀬切れによって河床間隙水位が河床下20cmを下回る場合、または河床にパイプを打ち込むことが困難な場合は隣接する上下流の調査地で代替した。



(図-4) 調査地点図

(3) 現地調査

表流水域の調査ではサーバーネット法で行うこととした。サンプル採取は各調査地において最も代表的な底生動物の採取を行うため、区間内を等間隔に設定した5本の横断測線の最上流および最下流の2本を除いた3本の横断測線上の流心部（最も流速が大きい場所）で行った。また、環境特性に調査地外の影響があると考えられる最上流と最下流ではサンプルの採取を行わなかった。採取したサンプルは分析を行うまで5%ホルマリン溶液で保存した。



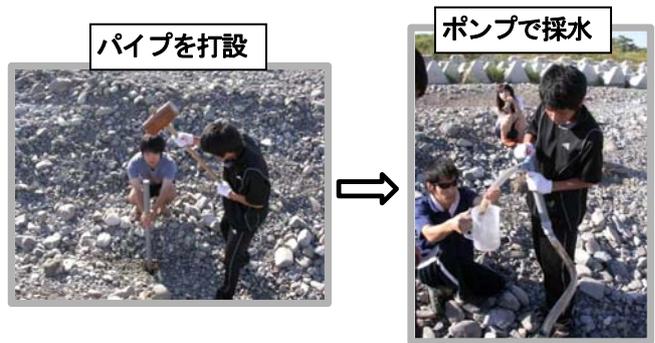
(図-5) 調査状況

底生動物の餌資源量である付着藻類量を測定するために、各サンプルが含まれる礫を無作為に1つ選び、直径24 mmの円孔を開けたゴム板を押し当て、円孔内の付着藻類を特殊アクリル繊維を用いて擦り取った。このサンプルは、分析を行うまで冷暗所で保存した。

各調査地の流心部にて水質分析用の表流水サンプルを採取した。また、生物サンプルの採取後に流速 (cm/s) をプロペラ式流速計を用いて測定し、同時に水深 (cm) および底質粗度を測定した。底質粗度は、各計測地点の河床にて優占する底質を、目視により岩盤、砂 (粒径<2 mm)、小礫 (2-16 mm 程度)、中礫 (16-64 mm 程度)、大礫 (64-256 mm 程度)、もしくは巨礫 (> 256 mm 程度) に分類して記録した。また、ハンディ多項目水質測定システムを用いて水温 (°C)、電気伝導度 (mS/cm)、溶存酸素量 (mg/l) および pH を測定した。さらに、各トランセクトにおける流路幅 (m)、各調査地における流量 (m³/s) および各調査区間の水面勾配 (%) を計測した。

河床間隙水調査では、塩化ビニルパイプ (直径 4.75 cm、長さ 100 cm) の下端から 10 cm に直径 1 cm の穴を 8 箇所開け、先端に円錐形キャップを装着した井戸型サンプラーを用いてサンプルの採取を行った。各表流水域調査のサンプル採取地点近傍の河床に井戸型サンプラーを 30cm の深さまで木槌を用いて打ち込み、手動ポンプで打ち込み時に侵入した表流水域由来の物質を除去するため、1 L の水を排出した。打ち込みの約 24 時間後に各井戸より手動ポンプを用いて水を採取後、目合い 0.5 mm のネットで濾過し、ネット上に残ったものを無脊椎動物サンプルとした (図-6 参照)。また、サンプル採取時にネットを通過した河床間隙水を採取し、これを河床間隙水サンプルとした。採取した無脊椎動物サンプルは分析を行うまで 5%ホルマリン溶液で保存した。

サンプルの採取後、各採取地の近傍で、動水勾配を計測した。また、河床間隙水の水温、電気伝導度、溶存酸素量および pH を測定した。



(図-6) 河床間隙水域の生物採取手法

(4) 室内作業

採取した底生動物を実体顕微鏡で可能な限り下位の分類階級まで同定し、計数及び分類分けを行った。また、無脊椎動物の餌資源である堆積粒状有機物の現存量を強熱減量により求め、付着藻類の現存量の指標としてクロロフィル a 量を求めた。水質を示す指標として、懸濁物質量を測定。硝酸態窒素濃度、亜硝酸態窒素濃度、アンモニア態窒素濃度およびリン酸態リン濃度も求めた。

(5) 結果

表流水域のサンプルから 6 年間の調査で約 17 万個体、174 分類群の底生動物が採取された。最も優占的に見られた分類群は、エリユスリカ亜科 (約 50%) であり、以下多い順にユスリカ亜科、ミミズ網、ミズムシ、サホコカゲロウ、コガタシマトビケラ属となっている。

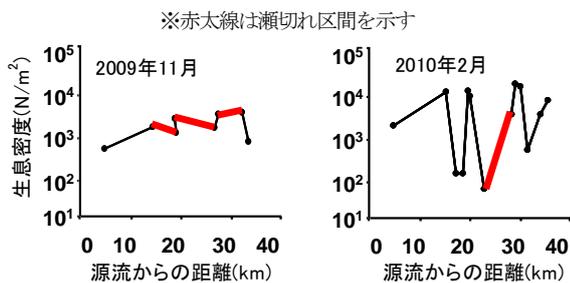
河床間隙水域のサンプルからは昨年 1 年間の調査で約 2 千個体 52 分類群の無脊椎動物が採取された。最も優占的に見られた分類群はシコクメクラヨコエビ (約 20%) であり、以下多い順にユスリカ亜科、ミズムシ、カイミジンコ目、エリユスリカ亜科、フロリダマミズヨコエビ等となっている (図-7 参照)。

表流水域		河床間隙水域	
合計：173,384 個体 174 分類群採取		合計：2,367 個体 52 分類群採取	
分類群名	相対密度 (%)	分類群名	相対密度 (%)
エリユスリカ亜科	50.5	シコクメクラヨコエビ	20.2
ユスリカ亜科	19.7	ユスリカ亜科	19.9
ミミズ網	7.0	ミズムシ	15.8
ミズムシ	3.1	カイミジンコ目	12.9
サホコカゲロウ	1.9	エリユスリカ亜科	6.8

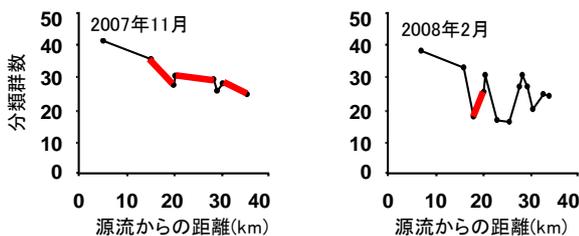
(図-7) 調査結果

水質について、栄養塩濃度、硝酸態窒素濃度、リン酸態リン濃度ともに全ての調査時期において下流域で高い値を示した。また、付着藻類量は瀬切れ発生時は発生していない時に比べ下流で多い傾向が見られた。

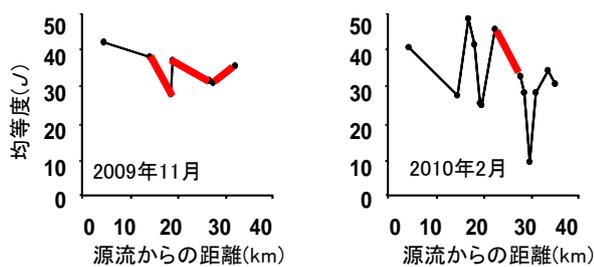
表流水域の底生動物の流程に沿った変異は瀬切れ発生の有無により異なっていた。生息密度は瀬切れ発生時に下流で高くなる傾向が見られ、瀬切れ区間において瀬切れ解消時には低い値を示した(図-8 参照)。分類群数は下流で低くなる傾向が見られ、各瀬切れ区間における瀬切れ解消時は特に少なくなった(図-9 参照)。均等度は、分類群数と同様に下流で減少する傾向が見られたが、瀬切れ解消時には瀬切れ区間内で大きな値を示す傾向があった(図-10 参照)。



(図-8) 流程と生息密度



(図-9) 流程と分類群数



(図-10) 流程と均等度

河床間隙水域の生息密度は2010年8月、11月ともに最上流部、最下流部で低かった。分類群数は最下流部で少なかった。均等度については各調査時期で異なる傾向が見られた。

(6) 考察

本調査では重信川の数地点の調査により、瀬切れが流程に沿った変異に影響を及ぼしていることを明らかにした。また、表流水域と河床間隙水域の無脊椎動物の流程

分布を把握、比較を行い、双方は群集構造は基本的に異なっているものの、水質の状況に対して類似した変動を示すことが明らかになった。

表流水域では、付着藻類量は瀬切れ発生時に全体的に下流で増加した。これは藻類は硝酸やリン酸などの栄養塩を利用するため、その量の増加に従って藻類も増加したものと考えられる。また、瀬切れ解消時には流量増加による物理的な除去及び藻類の移入及び増殖に十分な時間が無いため付着藻類量が少なかった。

表流水域の底生動物の生息密度は瀬切れ発生時に下流で高かった。これは餌資源として利用する藻類が瀬切れ発生時に下流で増加したため、生息密度も高くなったものと考えられる。一方瀬切れ解消時には生息密度が下がる。表流水が回復したとしてもそれまでに底生動物の十分な移入が起こっていないことが理由としてあげられる。

種の多様性に関しては下流部で低かった。人口密集地域に位置する下流部では生活排水などが河川に流入することで、栄養塩濃度や懸濁態物質濃度が上昇し、そういった濃度の高い生息場所では生息することができる分類群が限られる。よって下流域では多様性が低かったと考えられる。均等度も同様に少数の種が優占することで低下しているものと考えられる。

瀬切れ発生時にはエリユスリカ亜科、ユスリカ亜科、ミズムシ、ミズムシのような汚濁の進行した環境で多く見られる群集が多く存在した。一方、瀬切れ解消時には中流及び下流の調査地の群集でもヒメヒラタカゲロウ属、シロハラコカゲロウ及びヤマトビケラ属の様な上流の清潔な環境で多く見られる分類群が見られる。瀬切れ発生時には河川の連続性が遮断され、上流で見られる生物は移入することが出来ないが、瀬切れ解消時には水塊が連結し、河川流量が増加することで、時間の経過とともに清潔な生息場所環境が下流に向かって拡大し、上流の生物でも生息可能な場所が中流及び下流でも増加すると思われる。

河床間隙水域においては、カゲロウ目、カワゲラ目及びトビケラ目など流速の大きな環境を選好する無脊椎動物は多く見られなかった。これらの分類群の多くは可動性の低い鰓で呼吸を行っており、河床間隙水域のような止水的な場所では呼吸が困難なため生息密度が低かったと考えられる。一方、河川中下流部ではミズムシやユス

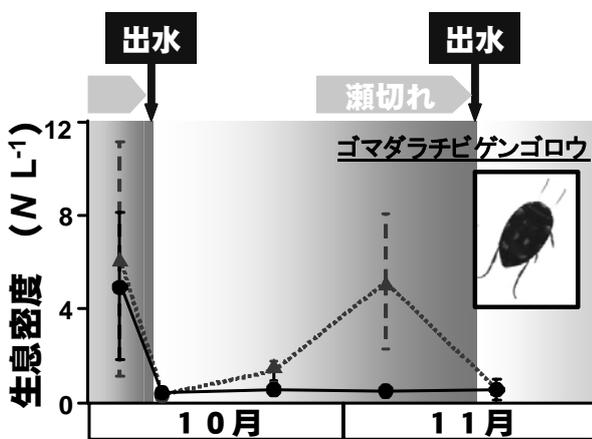


(図-11) エリユスリカ亜科

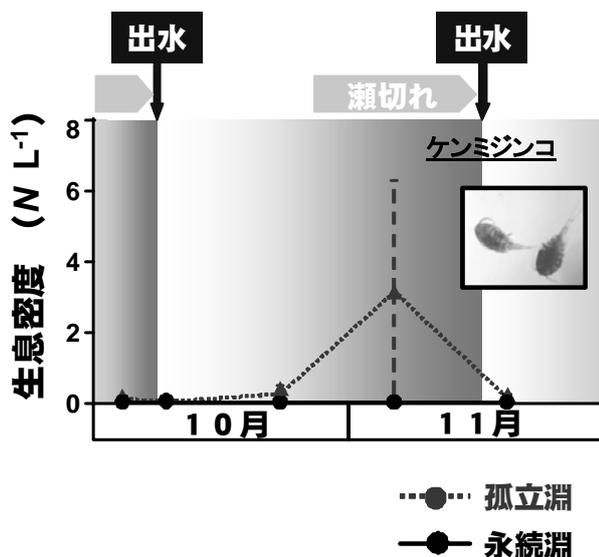


(図-12) シコクメクラヨコエビ

リカ科などの止水的な場所を選好する分類群が多く生息する。これらの分類群は止水環境でも呼吸が可能であるため生息が可能であったと考えられる。しかし、上流域では表流水域と同様に生息密度も低かった。従って、分類群間に上記の様な生物による利用可能性の差異はあるものの、上流部では潜在的に河床間隙水域を利用する無脊椎動物の生息密度に関係している可能性もある。また、最下流部でも低くなる場合も見られた。これは河床の砂泥など粒径の小さな成分の堆積により河床間隙水域内の間隙が埋まっていたことにより利用を困難にしていたものと考えられる。また、下流域は人口密集地帯で生活排水の流入による栄養塩濃度や懸濁態物質濃度の上昇により限られた分類群のみが生息することで分類群数が少なかったものと考えられる。



(図-13) 調査結果【ゴマダラチビゲンゴロウ】



(図-14) 調査結果【ケンミジンコ】

3. まとめと今後の課題

本調査では、表流水の底生動物の流程に沿った分布が河川の瀨切れと密接に関係していることが示された。一方、河床間隙水域での調査を実施した 2011 年 8 月および 11 月はいずれも瀨切れが発生していたため、瀨切れが解消した場合のデータを採取できず、瀨切れが河床間隙水域の生物に及ぼす影響を浮き彫りにすることはできなかった。しかしながら、河床間隙水域の生物は、流程を通して表流水域とは群集構造が異なることが明らかになった。また、両者ともに人間の土地利用に起因する水質悪化の影響を受けていることも示された。これは、人間活動による河川生態系の劣化は表流水域のみならず河床間隙水域でも進行していることを示すものである。

河床間隙水域は瀨切れ発生時の避難場所として無脊椎動物群集の安定性を高める機能があると考えられているため、瀨切れ河川における重要性は高いものと思われる。ただし、表流水域と河床間隙水域との群集構造が大きく異なることから、表流水域における保全策が、河床間隙水域にも即座に適用できるものとは考えられない。また、河床間隙水域における生態学的な情報の蓄積は表流水と比較して少ないのが現状である。したがって、今後は本研究のような表流水域と河床間隙水域の双方を対象とした研究を行うことにより河床間隙水域に成立する生態系の特性を明らかにし、河床間隙水域の保全に有用な知見を蓄積していく必要がある。これにより、表流水域と河床間隙水域を統合した、河川全体における生態系保全が可能になると考えられる。

謝辞：本論文で使用した調査データ及び考察などは、愛媛大学大学院理工学研究科の三宅 洋講師よりご提供いただいた報告書を参考にしています。記して感謝の意を表します。