

研究論文 (短報)

鏡川上流域における河川環境と底生生物

大西由希子¹⁾・加藤元海^{1, 2)*}

要 旨

高知県高知市を流れる鏡川上流域の5支流を対象として、河川地形や水質などの物理化学的環境、付着藻類や底生動物などの生物相を調べた。調査を行なった5つの支流間で河川規模や物理化学的環境に違いがみられた。付着藻類に関しては、クロロフィル a 量は支流間でばらつきがみられ、全ての支流において珪藻類が優占していた。底生動物に関しては、サワガニが多い支流ほど水生昆虫類の生物量が少ない傾向があった。また、サワガニの密度が高い支流ほど、底生動物群集の多様度指数が有意に減少したことから、鏡川上流域においてはサワガニの存在が底生動物相に強く影響を与えていることが示唆された。

キーワード：河川上流域、サワガニ、水生昆虫、付着藻類

高知県を流れる鏡川は、高知市土佐山にその源を発し浦戸湾に流入する延長31 km、流域面積170 km²の2級河川であり、環境省から「平成の名水百選」に選定されている(環境省、2008)。流程規模は小さいが、豊かで清浄な水は高知市を中心とする住民の飲料水や灌漑用水の水源となっているほか、アユやウナギなど豊富な水産資源は漁業者に多大な潤いを与え、夏季には川で遊ぶ人々の姿がみられ、高知市民には親しみのある川である。

河川に棲む底生動物の分布状況を調べることは、河川環境を知る手掛かりとなる。底生動物は種によって好適な環境条件が異なる(水野・御勢、1993)。そのため、種ごとに河川での分布様式が変化する(津田、1962)。河川の本流には多数の支流が流れ込む。また、上流域の環境は下流域の環境に影響を与える。河川の物理、化学、生物的な現状を知ることは、今後の河川環境の維持や改善のためにも重要である。本研究では、鏡川上流域の5支流を対象に、河川地形や水質、付着藻類の密度、底生動物の種類や生物量を調べた。

材料と方法

調査地 調査は2011年6月下旬から9月の昼間、高知県高知市を流れる鏡川の上流域にある5つの支流でそれぞれ1回ずつ行なった(Fig. 1)。8月1日に西川川(N33°38'10", E133°33'51", 標高228 m)、6月30日に高川川(N33°38'31", E133°31'45", 標高193 m)、8月5日に桑尾川(N33°38'15", E133°30'28", 標高246 m)、8月2日に重倉川(N33°36'46", E133°32'48", 標高259 m)、9月23日に網川川(N33°36'40", E133°30'25", 標高168 m)で調査を行なった。水質に関しては、5つの上流域支流に加え、10月14日に下流域の1地点(N33°33'09", E133°30'18", 標高4 m)においても調査を行なった(Fig. 1)。

河川地形 河川の横断面構造を調べるため、各調査地点の川幅、水深、流速を測定した。川幅は巻尺で測定し、水深は0.5 mまたは1 mごとに折れ尺で測定した。流速は、水深を測定した場所の2分の1水深で流速計(モデルCR-7WP、コスモ理研)を用いて3回測定し、その平均値を用いた。流量を求めるにあたっては、まず川幅と水深のデータから河川断面を台形もしくは三角形に近似した図形の集合体とした。河川断面を、流速測定した位置が中心になるように分割し、各河川断面積とそれに対応する流速との積から各断面積を単位時間に通過する水量を求め、その総和を流量として算出した。

2012年11月8日受領；2013年1月18日受理

1) 高知大学理学部生物科学コース理論生物学研究室
〒780-8520 高知市曙町2-5-1

2) 高知大学大学院黒潮圏科学部門
〒780-8520 高知市曙町2-5-1

* 連絡責任者 e-mail address: genkai@kochi-u.ac.jp

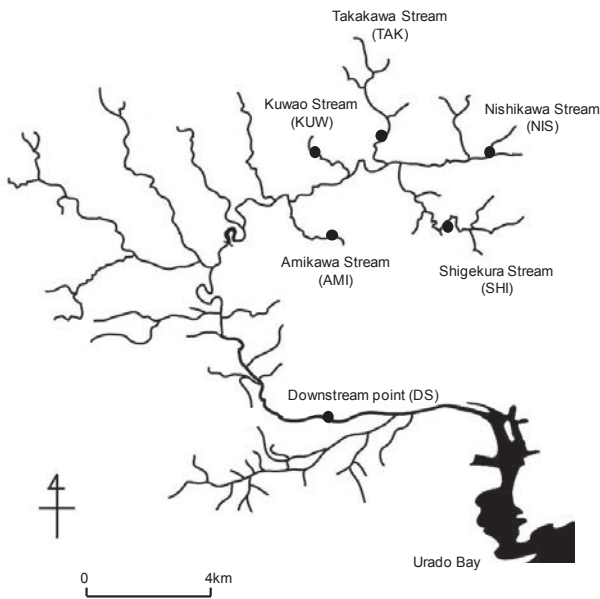


Fig. 1. The Kagami River System and sampling locations (●). Sampling was conducted in the summer of 2010 at five streams in the upstream region: Nishikawa Stream (NIS), Takakawa Stream (TAK), Kuwao Stream (KUW), Shigekura Stream (SHI), and Amikawa Stream (AMI). Samples for water chemistry were collected in a downstream point (DS) in addition to these upstream locations.

水質 水温は棒温度計で測定した。水質に関しては、pHはパックテスト (KR-pH、共立理化学研究所)、化学的酸素要求量 (COD) は過マンガン酸カリウム酸性法 (日本分析化学会北海道支部、2005)、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) はインドフェノール青法 (Solórzano, 1969)、亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) はジアゾ化法 (Bendschneider and Robinson, 1952)、硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) はサリチル酸ナトリウム法 (Kalff and Bentzen, 1984)、リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) はモリブデン青法 (Murphy and Riley, 1962) を用いて測定した。溶存酸素濃度については、高川川では5サンプル、他の調査地点では3サンプルずつ河川水を採取し、平均値を用いた。溶存酸素はウィンクラー法で求めた。

付着藻類 河川の一次生産者である付着藻類の密度を推定するため、各調査地点において川底から3つの石を採取した。バットの上でそれぞれの石表面をブラシで擦り取り、洗い流した河川水とともに分析まで冷凍保存した。付着藻類密度の指標となる光合成色素のクロロフィルa量を測定した。クロロフィルaは、活性のあるものとないものに分けられる。活性のあるクロロフィルaと、その分解産物で活性を失ったフェオ色素に分けてデータを得るため、分析にはロレンツェン法を用いた (Lorenzen, 1967)。クロロフィルaの抽

出には90%アセトン溶液を用い、分光光度計 (SP-300、Optima社) を用いてクロロフィルa量を測定した。クロロフィルa量分析で残った試料から、光学顕微鏡 (BX-51、オリンパス) を用いて倍率400倍で付着藻類の優占種の同定を行なった。

底生動物 底生動物は以下の手順で採集した。底生動物稚魚すくい網 (IS40-1W、1 mm mesh、Hoga社) を川底に置き、すくい網の底辺を一辺とする40 cm × 40 cmの面積に収まる上流側の石を網に入れ、川の流れを利用して石ごと底生動物を採集した。採集は各調査地点で3回繰り返し、採集した底生動物は10%ホルマリンで固定した。

採集した底生動物は後日室内において、滋賀の水生昆虫 (滋賀県小中学校教育研究会部会、1991)、原色川虫図鑑 (丸山・高井、2000)、日本産水生昆虫 (河合・谷田、2005) を用いて分類を行なった。各調査地点で採集された生物の個体数を元に多様性指数を求めた。多様性を表す指標としてShannonの指数*H*を算出した (Shannon and Weaver, 1949)。

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

ただし、 p_i は分類群*i*の昆虫全体に対する相対優占度を表す。

分類した底生動物は湿重量を電子てんびん (CP224S、Sartorius社) で測定した。底生動物の乾燥重量については、分類群ごとに異なる方法で求めた。カゲロウ目とカワゲラ目については体長、トビケラ目においては頭幅、サワガニについては甲幅を、電子ノギス (シリーズNo.500、ミットヨ) を用いて0.1 mm単位で測定した。カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目については、Genkai-Kato and Miyasaka (2007) と Miyasaka *et al.* (2008) の換算式にしたがって、体長もしくは頭幅から乾燥重量を推定した。サワガニについては、Miyasaka *et al.* (2007) にしたがって、甲幅から乾燥重量を推定した。その他の分類群については、60°Cで24時間乾燥させたのち、前述の電子てんびんを用いて測定した。

統計解析 2変量の相関をみるにあたっては、ピアソンの相関分析を用いて分析した。相関分析の際には、変量の正規性を得るために対数変換を行ない、検定の有意水準は5%とした。統計解析には、フリーの統計分析ソフトウェアRを用いた (version 2.9.1: R

Development Core Team, 2009)。

結果

川幅は、高川川が14.6 mと最も広く、桑尾川と網川川では狭かった (Fig. 2a)。最大水深では、西川川と網川川が深く、桑尾川と重倉川が浅かった (Fig. 2b)。流量で見ると、川幅も広く水深も深い高川川が圧倒的に多く毎秒246 m³であり、網川川、西川川、重倉川の順に減り、最も少なかったのは桑尾川で毎秒0.24 m³であった (Fig. 2c)。

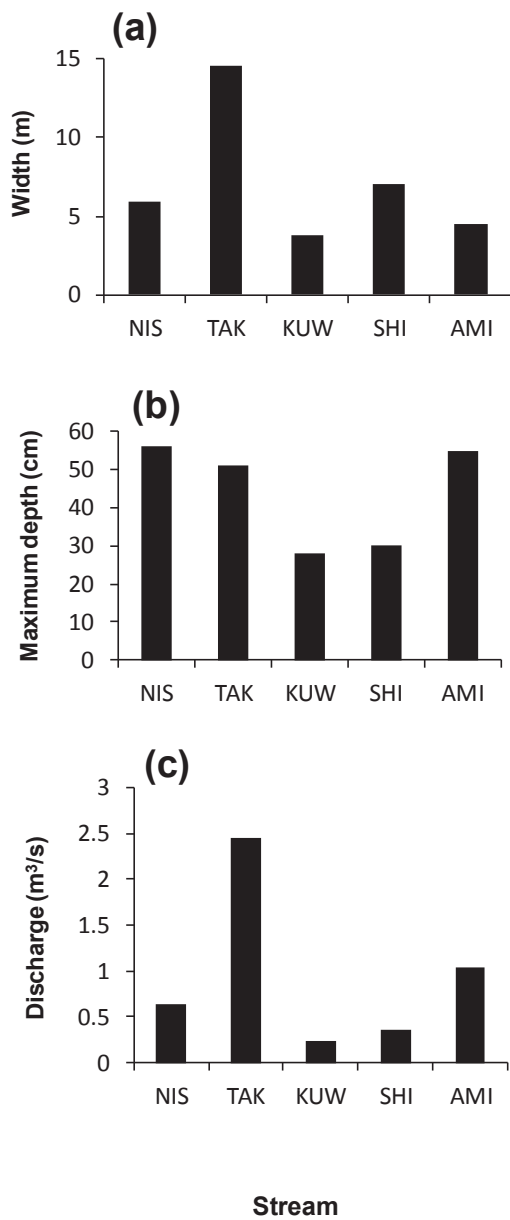


Fig. 2. (a) Width, (b) maximum depth, and (c) discharge of the five streams in the upstream region. See Fig. 1 for stream abbreviations.

水温は重倉川では20℃を超えていたが、その他の地点では16.5–20℃の範囲に収まっていた (Fig. 3a)。pHに関しては、高いところで重倉川の7.7、低いところでは高川川の6.8であった (Fig. 3b)。溶存酸素量は西川川、高川川、桑尾川、網川川では9.5を超え、重倉川においては比較的低い値となった (Fig. 3c)。下流域は上流域と比べると高い水温、低いpH、低い溶存酸素濃度となった。CODは重倉川と下流域で高い値となった (Fig. 4a)。重倉川では、どの栄養塩も高い値をとる傾向にあった (Fig. 4b-e)。CODと栄養塩に関して河川間を比較すると、CODとアンモニア態窒素

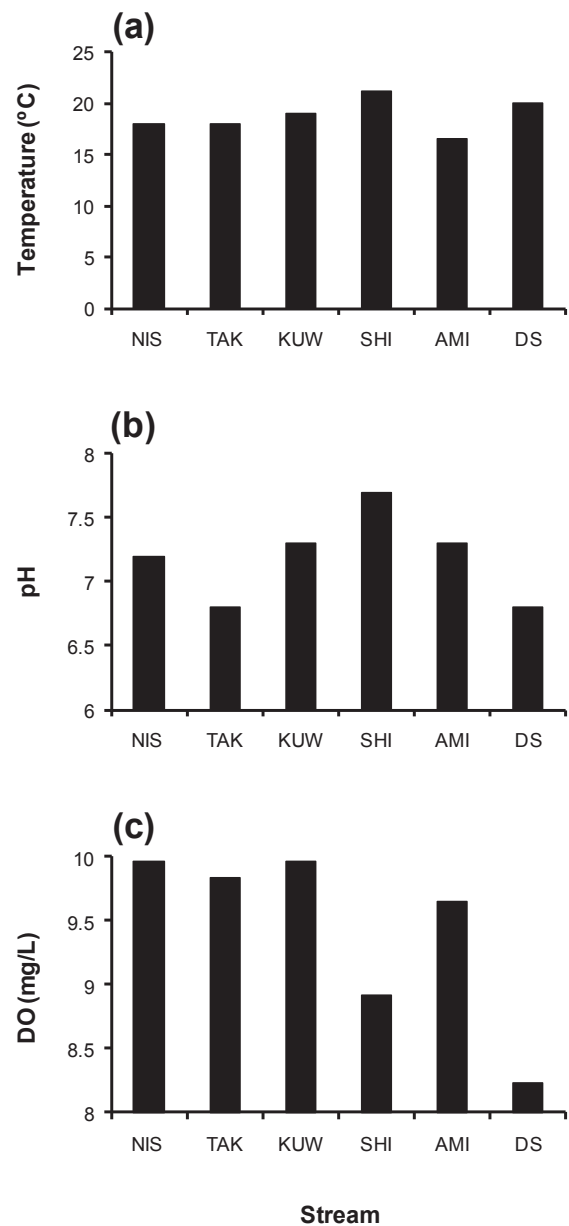


Fig. 3. (a) Water temperature, (b) pH, and (c) dissolved oxygen concentration at upstream and downstream locations. See Fig. 1 for stream abbreviations.

(NH₄-N)、CODと亜硝酸態窒素 (NO₂-N)、硝酸態窒素 (NO₃-N) とリン酸態リン (PO₄-P) の間で有意な正の相関があった (COD vs. NH₄-N: $r = 0.896$, $P = 0.016$, $n = 6$; COD vs. NO₂-N: $r = 0.842$, $P = 0.036$, $n = 6$; NO₃-N vs. PO₄-P: $r = 0.877$, $P = 0.022$, $n = 6$)。

付着藻類量に関して、活性をもつ藻類と活性をもたない藻類を合わせた全クロロフィル a 量は、重倉川が圧倒的に高かった (Fig. 5)。活性をもたないフェオ色素の量 (inactive) は支流間で大きな差はみられなかった (2.4–4.7 mg/m²)。しかし、活性をもつクロロフィル a 量 (active) は、支流によって大きくばらついた (35–208 mg/m²)。付着藻類群集はすべての支流において珪藻が優占していた。重倉川ではクチビルケイソウ (*Cymbella*)、クサビケイソウ (*Gomphonema*)、

コメツブケイソウ (*Cocconeis*)、ツメケイソウ (*Achnanthes*)、マガリクサビケイソウ (*Rhoicosphenia*)、ハリケイソウ (*Synedra*) がみられた。その他の支流ではフナガタケイソウ (*Navicula*) が優占していた。

鏡川上流域にある支流5調査地点で採集された底生動物はTable 1のとおりであった。総個体数で見ると、網川川で底生動物が最も多く採集され、桑尾川では最も少なかった。支流ごとに最も採集された底生動物は、西川川ではタニガワカゲロウ (*Ecdyonurus*)、高川川ではトゲマダラカゲロウ (*Drunella*)、桑尾川ではサワガニ (*Geothelphusa dehaani*)、重倉川ではタニガワカゲロウ、網川川ではサワガニであった。カゲロウ目 (Ephemeroptera)、カワゲラ目 (Plecoptera)、トビケラ目 (Trichoptera) はどの支流でも採集された。ナ

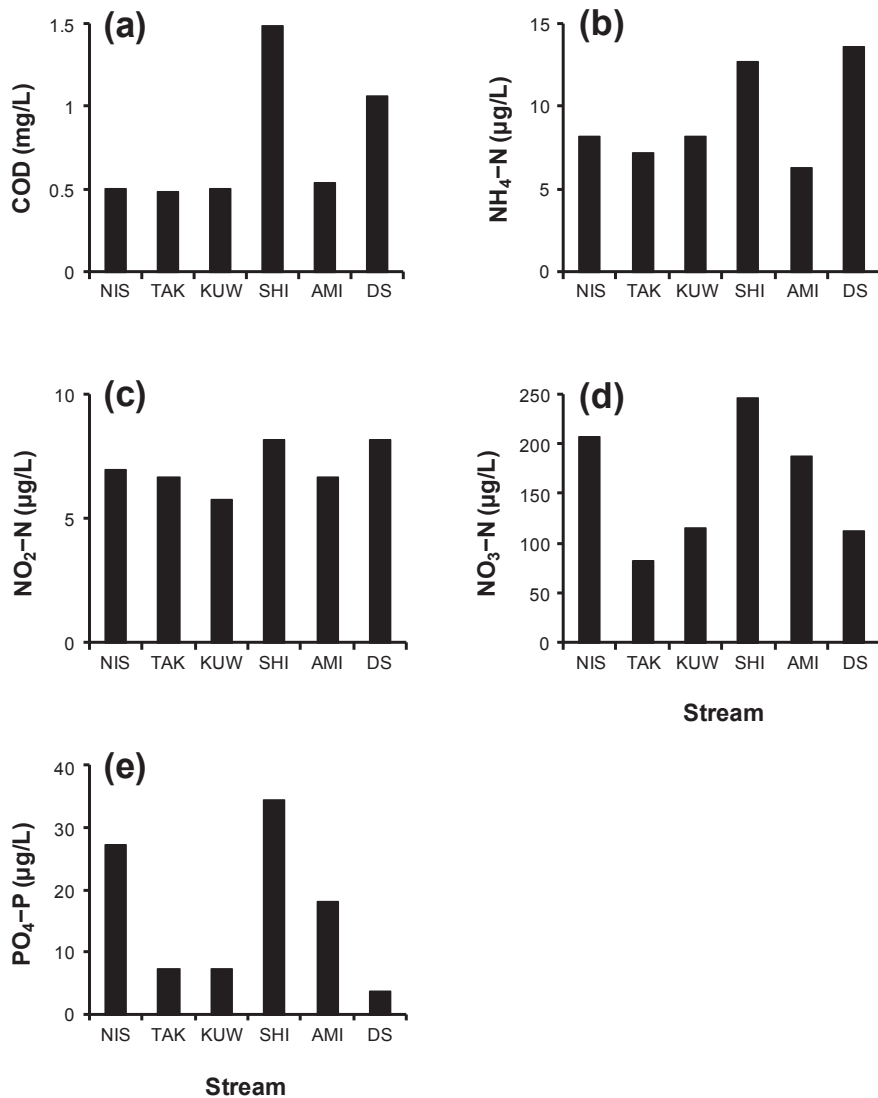


Fig. 4. Chemical oxygen demand (COD) and concentrations of ammonium nitrogen (NH₄-N), nitrite nitrogen (NO₂-N), nitrate nitrogen (NO₃-N) and phosphate phosphorus (PO₄-P) at upstream and downstream locations. See Fig. 1 for stream abbreviations.

ガレアブ (Athericidae)、ユスリカ (Chironomidae)、ガガンボ (Tipulidae) などの双翅目 (Diptera) やヤゴ (トンボ目、Odonata) は支流によって出現した。他には、ヘビトンボ (*Protohermes grandis*)、ヨコエビ (*Gammarus nipponensis*)、ゲンジボタル (*Luciola curciata*) の幼虫、ヒラタドロムシ (Psephenidae)、ヒル (Hirudinea)、ミミズ (Oligochaeta) が採集された支流もあった。

サワガニを除いた生物量に関しては、湿重量でみた場合、西川川が最も多く 6.3 g/m^2 であり、その約90%をトビケラ目が占めた (Fig. 6a)。高川川では、カゲロウ目、トビケラ目、カワゲラ目、双翅目の値がほぼ等しかった。桑尾川では、トビケラ目とヘビトンボ目 (Megaloptera) の値が高かった。重倉川では、カゲロウ目とトビケラ目が高かった。網川川では、トビケラ目が高かった。乾燥重量でみた場合、総重量は高川川が最も高く約 0.6 g/m^2 であった (Fig. 6b)。いずれの支流も、優占した分類群は湿重量の場合と同じ傾向を示した。サワガニの生物量は、湿重量と乾燥重量とも同様の傾向がみられた (Fig. 7)。網川川での値が突出して高く、湿重量では 22 g/m^2 、乾燥重量では 11 g/m^2 であった。Table 1の各分類群と個体数を基に式 (1) にしたがって底生動物群集の多様度指数を求めたところ、高川川が最も高く、網川川が最も低かった (Fig. 8a)。鏡川上流域の5つの支流における、多様度指数とサワガニの生物量との間には有意な負の相関があった (湿重量: $r = -0.967$, $P = 0.007$, $n = 5$; 乾燥重量: $r =$

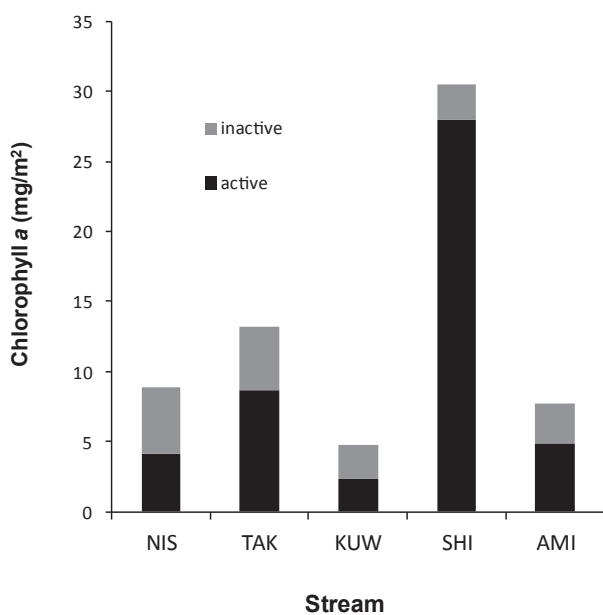


Fig. 5. Density of chlorophyll *a* in the upstream region. See Fig. 1 for stream abbreviations.

-0.975 , $P = 0.005$, $n = 5$; Fig. 8b, c)。

考察

本研究で調査を行なった上流域の支流は、流量で見ると調査を行なった月の違いも考えられるが、毎秒 $0.24\text{--}2.46 \text{ m}^3$ と最小値と最大値では約10倍の規模の差があった (Fig. 2c)。水温が網川川で最も低かったのは、調査の直前に台風の影響があり、日降水量が調査2日前は 42 mm 、3日前は 1545 mm 、4日前は 715 mm あったため (気象庁, 2011)、大量の雨水で低い水温になったことが考えられる。

重倉川は顕著な物理化学的な特徴がみられた。水

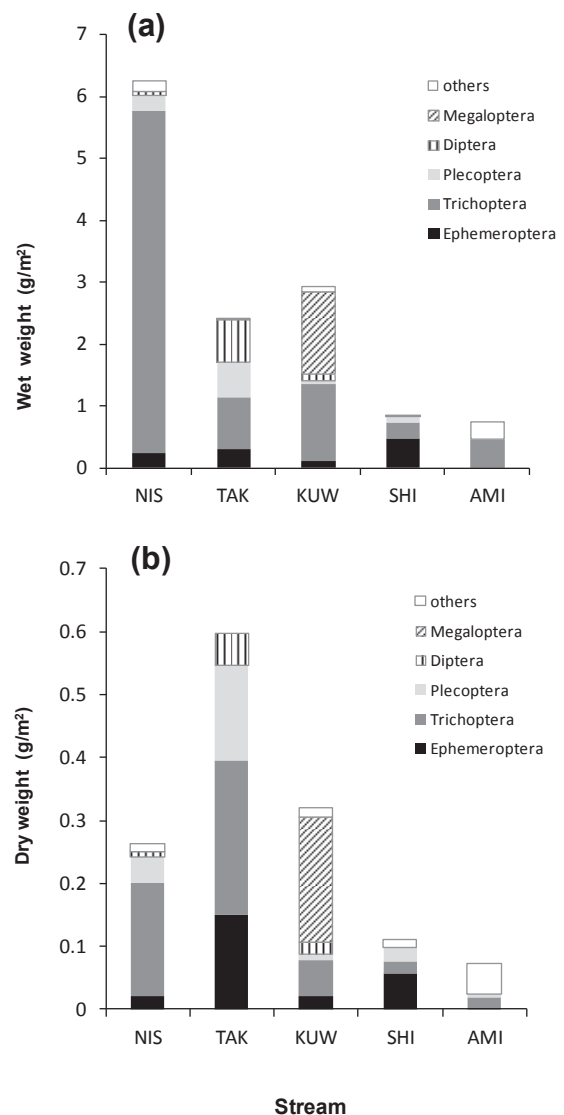


Fig. 6. Biomass of the benthic invertebrate communities (excluding crabs) in the upstream region. (a) Wet weight per square meter. (b) Dry weight per square meter. See Fig. 1 for stream abbreviations.

温は21.2°C、pHは7.7と最も高く、溶存酸素濃度は8.92 mg/Lと最も低い値であった (Fig. 3)。重倉川の水質は、CODや栄養塩濃度に関しても、他の支流に比べて高かった (Fig. 4)。また、クロロフィルa量も顕著に高かった (Fig. 5)。重倉川の調査地点は日当たりがよく、さらに上流には農耕地が広がっていた。そのため、比較的高い水温になったとともに栄養塩濃度も高く、付着藻類が生育しやすい条件がそろっていた。付着藻類の光合成では水中の二酸化炭素（炭酸）が消費されるため、pHが高くなったと考えられる。また、藻類は光合成とともに呼吸も行なうことから、高密度の付着藻類群集とともにそのバイオフィーム中に含まれるバクテリアによる呼吸が低い溶存酸素密度をもたらしたのかもしれない。

2011年に行なわれた本研究では、鏡川上流域の5支流における付着藻類群集は珪藻類が優占していた。一方、1970年代の鏡川上流域の西川川から網川川が流れ込む本流における調査では藍藻類が優占し、その

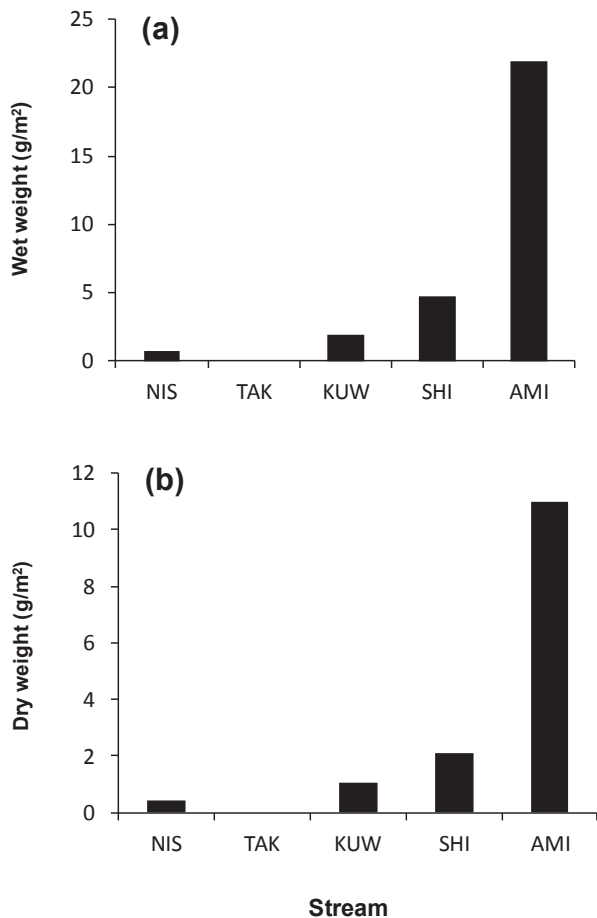


Fig. 7. Biomass of the freshwater crab, *Geothelphusa dehaani*, in the upstream region. (a) Wet weight per square meter. (b) Dry weight per square meter. See Fig. 1 for stream abbreviations.

中でも *Phormidium* が優占種であった (高知県、1976)。全クロロフィルa量に関して、2011年の本調査では48–30.5 mg/m²であるのに対して、1970年代では57.2–139.6 mg/m²と高い値をとっていた (高知県、1976)。*Phormidium* 属など藍藻の多くは糸状体として多数集まって粘質皮膜状の群体をつくる特徴があり、珪藻は単体で存在するものが多い (日本水道協会、2008)。また、珪藻はケイ酸の殻をもっているのに加え、大きな液胞をもち、色素の中でもカロテノイドやキサントフィルなどの他の色素の割合が比較的多いことから、他の藻類に比べクロロフィルaの含有量は一般的に低い (Reynolds, 1984)。そのため、同じ河川の上流域で

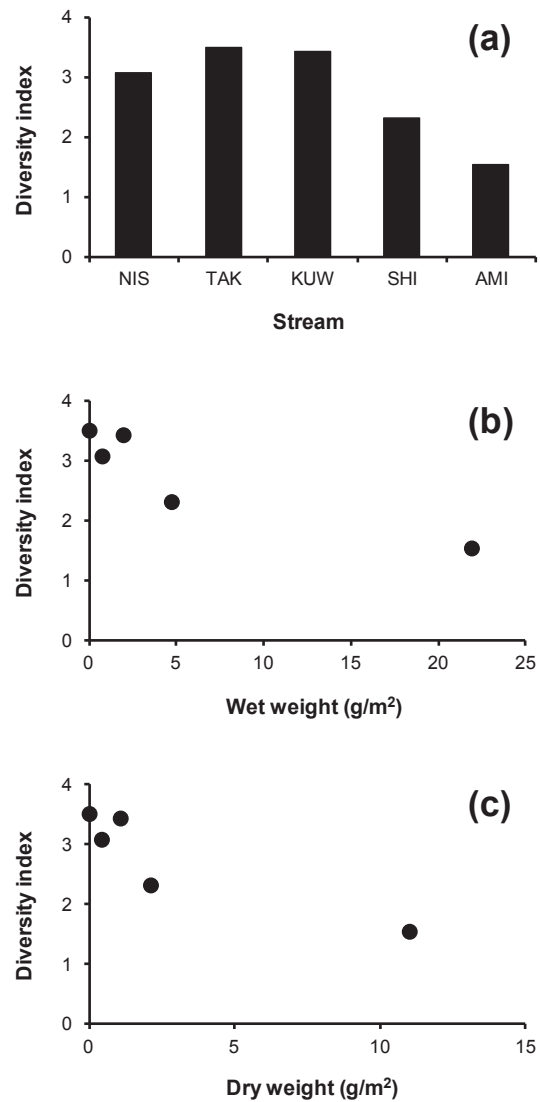


Fig. 8. (a) Index of diversity for the benthic communities including freshwater crabs in the upstream region. See Fig. 1 for stream abbreviations. (b) Relationship between index of diversity and wet weight of freshwater crabs. (c) Relationship between index of diversity and dry weight of freshwater crabs.

Table 1. Benthic invertebrates collected from five streams in the upstream region of the Kagami River. Units are individuals per 0.48 m². Stream abbreviations: NIS, Nishikawa Stream; TAK, Takakawa Stream; KUW, Kuwao Stream; SHI, Shigekura Stream; AMI, Amikawa Stream.

Taxa	Stream					
	NIS	TAK	KUW	SHI	AMI	
Amphipoda						
Gammaridae						
	<i>Gammarus nipponensis</i>	1			2	
Coleoptera						
Lampyridae						
	<i>Luciola curciata</i>	2			3	
Psephenidae						
	<i>Mataeopsephus japonicus</i>	1	3			
Decapoda						
Potamidae						
	<i>Geothelphusa dehaani</i>	3	8	4	47	
Diptera						
Athericidae						
			1			
Chironomidae						
		3	3			
Tipulidae						
		2	1	1		
Ephemeroptera						
Baetidae						
			1	1	1	
Ephemerellidae						
	<i>Cincticostella</i>		4	1	1	
	<i>Drunella</i>		13			
Ephemeridae						
	<i>Ephemera japonica</i>	3		2	1	
Heptageniidae						
	<i>Ecdyonurus</i>	14	3	2	27	
	<i>Epeorus</i>		4	1	4	
Leptophlebiidae						
					4	
Megaloptera						
Corydalidae						
	<i>Protohermes grandis</i>		2			
Odonata						
Calopteryxgidae						
	<i>Calopteryx cornelia</i>				2	
Gomphidae						
			1	1	2	
Plecoptera						
Perlidae						
	<i>Kamimuria quadrata</i>	1		2		
	<i>Neoperla</i>			1		
	<i>Oyamia lugubris</i>					
	<i>Paragnetina tinctipennis</i>		2			
	<i>Togoperla</i>		3	2	1	
Chloroperlidae						
			1			
Trichoptera						
Glossosomatidae						
	<i>Glossosoma</i>		1			
Goevidae						
	<i>Goera japonica</i>	2	6			
Hydropsychidae						
	<i>Hydropsyche dilatata</i>			6	6	
	<i>Parapsyche</i>			1		
Polycentropodidae						
		1				
Stenopsychidae						
	<i>Stenopsyche marmorata</i>	10	3	1	1	
Hirudinea						
Oligochaeta						
Sum		45	49	32	49	63

も本流では藍藻が優占し、支流では珪藻が優占していたため、全クロロフィル a 量の違いをもたらしたのかもしれない。

底生動物の生物量に関して、西川川と高川川では湿重量と乾燥重量との関係が逆転していた (Fig. 6)。つまり、西川川では湿重量では高いが乾燥重量に換算すると低くなり、逆に、高川川では乾燥重量に換算すると高かった。西川川では、大型のトビケラであるヒゲナガカワトビケラが優占しており、この種はキチン質が少なく、体の水分含有率が比較的高いため、乾燥化により大幅に重量が減少する可能性がある。一方、高川川では厚いキチン質で覆われており、体の水分含有率が比較的低いトゲマダラカゲロウやカワゲラ目が優占していたため、湿重量に対する乾燥重量が高かったのかもしれない。

本調査で最も個体数が多かった水生昆虫は、重倉川のタニガワカゲロウで 0.48 m^2 あたり27匹であった (Table 1)。それに対し、1970年代に鏡川上流域の本流調査では、ヒメトビイロカゲロウ (*Choroterpes*)、チャバネヒゲナガカワトビケラ (*Stenopsyche*)、クダトビケラ (*Psychomyia*)、ウスバヒメガガンボ (*Antocha*) が優占しており、密度はいずれも 0.4 m^2 あたり50匹以上採集されていた (古屋, 1975; 高知県, 1976)。底生動物においても、本研究に比べて顕著に密度が高い。本流では餌となる付着藻類が多いことから、付近の支流に比べて、多くの底生動物が棲息しているのかもしれない。

サワガニに関しては、1970年代の鏡川上流域の本流調査では、 0.4 m^2 あたり0 - 9匹と低密度であった (高知県, 1976)。一方、上流域の支流では高川川を除けば各支流で採集され、網川川では 0.48 m^2 あたり47匹であった (Table 1)。サワガニの生物量は、重倉川と網川川で他の底生動物群集よりも湿重量の値が高く、高川川を除く4支流において乾燥重量の値が高かった (Figs. 6 and 7)。サワガニと他の底生動物の関係は、サワガニが多いところほど他の底生動物が少ないという傾向にあった (Figs. 6 and 7)。また、サワガニが多く採集された支流ほど、多様性指数が低かった (Fig. 8b, c)。サワガニは腐植質などを食べる雑食性であり、カワゲラ目やヘビトンボ目の分布域と一致することが多い (永井ほか, 1989)。鏡川上流域において、水生昆虫群集と雑食性のサワガニは資源をめぐる競争関係にあり、サワガニの多い支流で水生昆虫群集の多様性が減少したと考えられる。

謝辞

本研究を実施するにあたり協力していただいた渡邊礼雄氏 (高知大学理学部)、井上光也氏 (高知大学理学部)、野崎健太郎博士 (椋山女学園大学教育学部)、三宅洋博士 (愛媛大学工学部) と合田幸子博士 (京大大学生態学研究センター) に感謝いたします。査読者の方々からは本原稿に対して有益な助言をいただきました。

引用文献

- Bendschneider, K., and Robinson, R. J. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *Journal of Marine Research*, 11, 87-96.
- 古屋八重子. 1975. 鏡川の底生動物相. *げんせい*, 29, 9-13.
- Genkai-Kato, M., and Miyasaka, H. 2007. Length-weight relationships of four predatory stonefly species in Japan. *Limnology*, 8, 171-174.
- Kalff, J., and Bentzen, E. 1984. A method for the analysis of total nitrogen in natural waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41, 815-819.
- 環境省. 2008. <http://www2.env.go.jp/water/mizu-site/newmeisui/info/index.html>.
- 河合禎次・谷田一三. 2005. 日本産水生昆虫 科・属・種への検索. 東海大学出版会.
- 気象庁. 2011. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>.
- 高知県. 1976. 鏡川の生物と環境に関する総合調査.
- Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*, 12, 343-346.
- 丸山博紀・高井幹夫. 2000. 原色川虫図鑑. 全国農村教育協会.
- Miyasaka, H., Genkai-Kato, M., Goda, Y., and Omori, K. 2007. Length-weight relationships of two varunid crab species, *Helice tridens* and *Chasmagnathus convexus*, in Japan. *Limnology*, 8, 81-83.
- Miyasaka, H., Genkai-Kato, M., Miyake, Y., Kishi, D., Katano, I., Doi, H., Ohba S., and Kuhara, N. 2008. Relationships between length and weight of freshwater macroinvertebrates in Japan. *Limnology*, 9, 75-80.

- 水野信彦・御勢久右衛門. 1993. 河川の生態学. 築地出版.
- Murphy, J., and Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36.
- 永井元一郎・坂井正子・安井博司・小杉俊明・寺尾浩・田中千聖・中井一郎. 1989. 指標生物から見た大阪の河川. 大阪教育大学附属高等学校研究紀要, 21, 64-87.
- 日本分析化学会北海道支部. 2005. 水の分析 第5版, 化学同人.
- 日本水道協会. 2008. 日本の水道生物. 日本水道協会.
- R Development Core Team. 2009. R version 2.9.1. <http://www.r-project.org>.
- Reynolds, C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
- Shannon, C. E., and Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Chicago.
- 滋賀県小中学校教育研究会理科部会. 1991. 滋賀の水生昆虫・図解ハンドブック, 新学社.
- Solórzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnology and Oceanography*, 14, 799-801.
- 津田松苗. 1962. 水生昆虫学. 北隆館.

were conducted for water chemistry, attached algae and benthic invertebrates in five headwater streams of the Kagami River, Kochi Prefecture, western Japan. The discharge rate among the streams ranged between 0.24 and 2.46 m³/s, but there was no correlation between the discharge rate and attached algae or benthic invertebrates. Attached algae were dominated by diatoms, and the density of chlorophyll *a* varied between 4.8 and 30.5 mg/m² depending on the streams. The invertebrate communities in the streams were dominated by mayflies, caddisflies and freshwater crabs. Streams with abundant freshwater crabs tended to have fewer aquatic insects and lower biodiversity, and vice versa. This indicates that the invertebrate community structure in the upstream region of the Kagami River is strongly affected by the abundance of freshwater crabs.

Key word:

Aquatic insects, attached algae, freshwater crab, headwater stream, Kagami River

Benthic invertebrates and attached algae in the upstream region of the Kagami River, Kochi Prefecture

Yukiko Onishi¹⁾ and Motomi Genkai-Kato^{1,2)*}

¹⁾Department of Biology, Faculty of Science,
Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho,
Kochi 780-8520, Japan

^{2)*}Graduate School of Kuroshio Science,
Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho,
Kochi 780-8520, Japan

Abstract

In lotic ecosystems, the downstream environments are affected by the upstream environments. Surveys