

## 研究論文

# 仁淀川源流域における河川環境と底生動物

井上光也<sup>1)</sup>・小原直子<sup>1)</sup>・加藤元海<sup>1, 2)\*</sup>

### 要 旨

高知県中西部を流れる仁淀川は、同じく高知県を流れる四万十川や鏡川に比べて底生生物に関する情報が少ない。そこで仁淀川源流域の6支流17地点を対象として、河川地形や水質などの物理化学的環境、底生藻類や底生動物などの生物相を調査した。水が山から浸み出す地点である6支流の最源流点は標高364-1206 mに位置していた。底生藻類とサワガニを除く底生動物は、各支流において、最源流点が下流の調査地点に比べて生物量が少ない傾向がみられた。仁淀川源流域では、四万十川上流域と鏡川上流域ではみられないミヤマシマトビケラ属やオナシカワゲラ科の種、およびガガンボカゲロウが多くの調査地点で採集された。

キーワード：仁淀川、源流域、最源流点、水質、水生昆虫

仁淀川は西日本最高峰である愛媛県石鎚山（標高1982 m）から高知県中西部を通り土佐湾へと流入する延長124 km、流域面積1560 km<sup>2</sup>の1級河川である（国土交通省2008）。流域面積の約95%が山地であり、愛媛県から高知県の3市6町1村を流れている（国土交通省 2008）。上流から中流にかけての流域は、高知県越知町付近でわずかに平地が開けるほかは山地で構成されており、流域内には石鎚国定公園や四国カルスト県立自然公園に指定された地域、面河渓谷や中津渓谷といった景勝地が多く存在している（国土交通省 2014）。このように豊かな自然環境や景観に恵まれ、全国の一級河川水質ランキングでは近年2度1位となった（国土交通省 2010、2012）。水辺利用率も高く直轄管理区間延長当たりの「夏の水あそび利用者数（人/km）」においては、2000年と2006年に全国1位を記録した（国土交通省 2006）。

河川に棲む底生動物の分布状況を調べることは、河川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）。仁淀川は娯楽などの利用者が多く優れた水質を有しているにもかかわらず、同じく高知県を流

れる四万十川（古屋1977、古屋 1990、Yoshimura and Maeto 2006、Yoshimura 2007、Yoshimura 2008、江口ほか 2014）や鏡川（古屋1975、高知県1976、大西・加藤 2013）に比べて底生生物や水質の情報が少ない。仁淀川の生物相に関しては、1970年代に愛媛県側の面河川水系（上流域）と本流の中流から下流域にかけての報告があるのみである（津田・古屋 1974）。水が山から浸み出す最源流点は標高の高い山の渓谷を上り詰めたところとあり、通常、道路や登山道から遠く離れたところにあることから、各種調査道具を携えて現地に行くのは困難である。本研究では、源流域全体の生物相を把握するため、これまで情報のない最源流点まで調査を行なった。

### 材料と方法

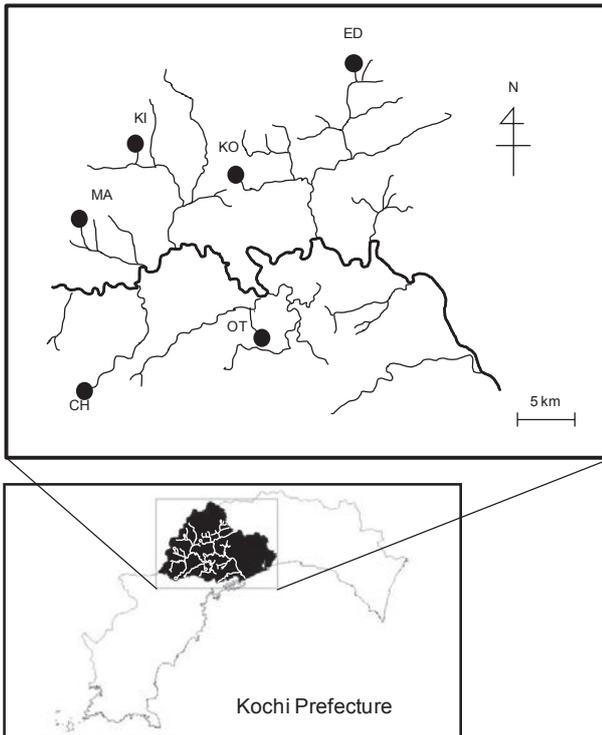
調査地 調査は2013年5月中旬から10月上旬の昼間、高知県中西部を流れる仁淀川6支流の源流域、17地点で行なった（Fig. 1）。榎ノ谷川では最源流点（記号：0）とその下流で1地点（記号：1）、他の支流では最源流点（記号：0）とその下流で2地点（記号：上流側 1、下流側 2）ずつ調査を行なった。源流部では、水の流れが地上を流れる部分と地下を流れる（伏流する）部分とが交互に現れる場合が多い。最源流点とは、下流から川をさかのぼり水流が最初に途切れた地点とここでは定義する。1支流内の源流域調査は同日中に行なった。調査地点は最源流点の標高が高

2014年7月18日受領；2014年11月21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 Niyodo River and sampling locations (●). Sampling was conducted in the summer of 2013 at 17 stations in the headwater region: Makinotani Stream (MA), Kitadani Stream (KI), Edagawa Stream (ED), Kogawa Stream (KO), Choja Stream (CH), and Otarutani Stream (OT). Surveys were conducted at three stations in the headwater regions of each stream (excluding MA): headwater station (subscript: 0), upstream station (1), and downstream station (2). The headwater station is defined here as the most upstream point at which stream current rises from the ground.

い順に、横ノ谷川最源流点（調査日5月2日、緯度N33°36′ 08.3″、経度E133°04′ 29.0″、標高1206 m、略号MA<sub>0</sub>）、横ノ谷川1（N33°36′ 03.7″、E133°04′ 29.9″、1131 m、MA<sub>1</sub>）；北谷川最源流点（9月17日、N33°39′ 37.4″、E133°07′ 24.0″、1061 m、KI<sub>0</sub>）、北谷川1（N33°39′ 32.3″、E133°07′ 21.3″、1004 m、KI<sub>1</sub>）、北谷川2（N33°39′ 28.8″、E133°07′ 26.0″、959 m、KI<sub>2</sub>）；枝川川最源流点（5月24日、N33°43′ 10.9″、E133°20′ 36.7″、1044 m、ED<sub>0</sub>）、枝川川1（N33°43′ 08.9″、E133°20′ 37.8″、1013 m、ED<sub>1</sub>）、枝川川2（N33°43′ 06.5″、E133°04′ 40.8″、988 m、ED<sub>2</sub>）；小川川最源流点（5月8日、N33°37′ 52.7″、E133°13′ 38.2″、805 m、KO<sub>0</sub>）、小川川1（N33°37′ 50.4″、E133°13′ 40.7″、782 m、KO<sub>1</sub>）、小川川2（N33°37′ 44.8″、E133°13′ 44.2″、647 m、KO<sub>2</sub>）；長者川最源流点（4月18日、N33°27′ 36.1″、E133°04′ 24.6″、765 m、CH<sub>0</sub>）、長者川1（N33°27′ 37.8″、E133°04′ 24.5″、761 m、CH<sub>1</sub>）、長者川2（N33°27′ 50.8″、E133°04′ 56.3″、542 m、

CH<sub>2</sub>）；大樽谷川最源流点（10月3日、N33°30′ 15.4″、E133°14′ 46.5″、364 m、OT<sub>0</sub>）、大樽谷川1（N33°30′ 26.5″、E133°14′ 46.5″、355 m、OT<sub>1</sub>）、大樽谷川2（N33°30′ 18.8″、E133°14′ 43.7″、354 m、OT<sub>2</sub>）で調査を行なった。本研究では、最源流点を含めた河川の最上流部を調べたことから、これらの調査地点を仁淀川源流域と呼ぶ。いずれの支流においても、最源流点に対する下流側調査地点の相対的な標高は7割以上の場所を選んだ（最も低い相対標高は長者川で、CH<sub>0</sub>の標高765 m、CH<sub>2</sub>の標高542 mより、地点CH<sub>2</sub>の地点CH<sub>0</sub>に対する相対標高は542/765 = 0.71）。

**河川地形** 河川の流量を調べるため、各調査地点の川幅、水深、流速を測定した。川幅は巻尺もしくは折れ尺で測定した。水深は川岸から対岸に向かって測定を行ない、測定間隔は川幅によって5、10または20 cmごとに折れ尺で測定した。流速は、水深を測定した地点の中間地点において、水深の2分の1の深さでプロペラ式流速計（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。ただし、最源流点においては、川幅が20 cmに満たない場合、水深と流速は中央部（流心）で測定した。流速を測定する際、プロペラが完全に水中に沈まないような浅い地点では、水の流れによってプロペラが回転することを確認し、推定値として流速を求めた。川幅、水深、流速の測定結果から流量（L/s）を求めた（加藤 2014）。

**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（日本分析化学学会北海道支部 2005）、硝酸態窒素（NO<sub>3</sub>-N）はサリチル酸ナトリウム法（Kalf and Bentzen 1984）を用いて測定した。化学的酸素要求量と各無機態栄養塩類は全ての調査地点で1サンプルずつ採水した。

**底生藻類** 河川の一次生産者である底生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2つの石を採取した。採集した石の表面を台形などの適当な図形として近似し、折れ尺を用いて表面積を求めた（野崎・加藤 2014）。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100 mLポリ瓶に入れた。野外では保冷剤を入れたクーラーボックス内で低温暗所保存し、その日の夜までに研究室に持ち帰り分析まで冷凍保存した。底生藻類密度の指標となる光合成色素の測定には クロロフィルaと、その分解産物で活性を失ったフェオフィチン

a)に分けて測定するため、ロレンツェン法で分析した (Lorenzen 1967)。光合成色素の抽出には90%アセトン溶液を用い、分光光度計 (SP-300, Optima) を用いて測定した。調査地点の光環境として、相対光量子密度を測定した。相対光量子密度は光量子計 (Apogee SE-MQ200, セネコム) を用いて相対光量子密度を測定した。直射日光が差し込む開放空間の光量子密度に対しての底生藻類を採集した河川水面上の光量子密度の相対値 (%) とした。

**底生動物** 底生動物は以下の手順で採集した。底生動物すくい網を川底に置き、網口の幅を一辺とする正方形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。すくい網の大きさは、調査地点の川幅と水深に応じて、底辺13 cm、15 cm、22 cmもしくは40 cmのものを使い、底生動物の密度は単位面積当たりの値 ( $m^{-2}$ ) として求めた。採集は各調査地点で3回繰り返し、採集した底生動物は80%エタノールで固定した。底生動物採集ではサワガニも捕獲されるが、1個体あたりの重量が大きいため、結果ではサワガニと他の底生動物とを分けて記述した。

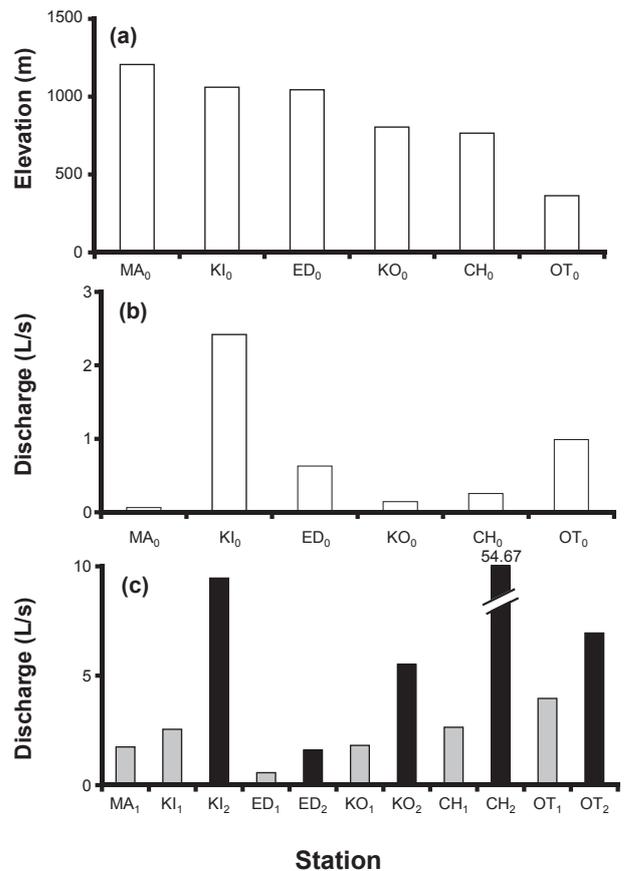
採集した底生動物は後日室内において、原色川虫図鑑 (丸山・高井 2000)、日本産トンボ目幼虫検索図説 (石田 1996)、日本産水生昆虫 (川合・谷田 2005) を用いて同定を行なった。同定した底生動物の生物量については、60°Cで24時間乾燥させたのち、電子てんびん (AX224, Sartorius) を用いて測定して乾燥重量として求めた。各調査地点で採集された生物量を基に多様性指数を求めた。多様性を表す指標として Shannon-Wiener の多様性指数  $H'$  を算出した (Shannon and Weaner 1949)。

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

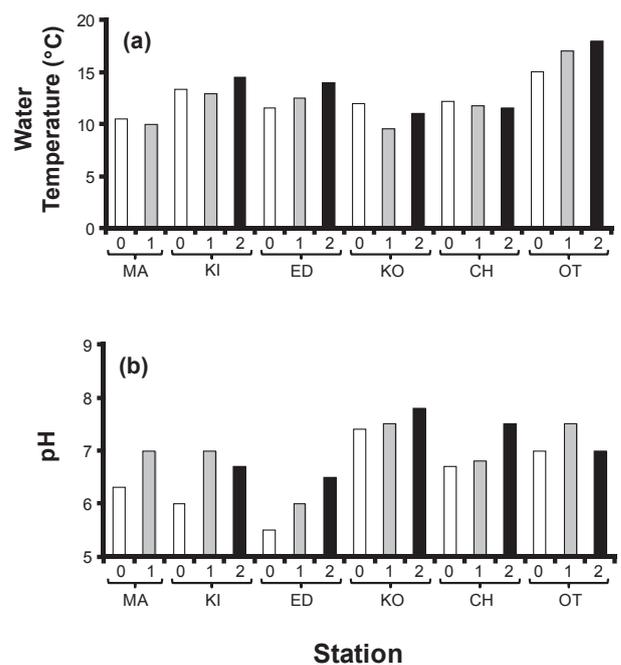
ただし、 $p_i$  は分類群  $i$  の底生生物全体に対する相対優占度を表す。分類群  $i$  は目として求めた。

## 結果

最源流点の標高は、榎ノ谷川  $MA_0$  の1206 m から大樽谷川  $OT_0$  の364 m の範囲であった (Fig. 2a)。最源流点の流量は、少ないところで榎ノ谷川  $MA_0$  の0.06 L/s から多いところで北谷川  $KI_0$  の2.4 L/s であった (Fig. 2b)。最源流点以外の源流域調査地点における流量は、長者川  $CH_2$  のみ突出して多く54.7 L/s であったが、他の点



**Fig. 2.** Geographical characteristics of six headwater streams of the Niyodo River. (a) Altitudes of the headwater stations, (b) discharges at the headwater stations, and (c) discharges at upstream and downstream stations in the headwater region. See Fig. 1 for station abbreviations.



**Figure 3.** Water chemistry of six headwater streams of the Niyodo River. (a) Water temperature, and (b) pH.

では10 L/s未満で、枝川川ED<sub>1</sub>が最も少なく0.6 L/sであった (Fig. 2c)。

源流域における水温は、小川川KO<sub>1</sub>の9.5℃から大樽谷川OT<sub>2</sub>の18℃の範囲であった (Fig. 3a)。pHに関しては、ほとんどの調査地点で7前後の値をとっており、最も低かったのは枝川川最源流点ED<sub>0</sub>の5.5、最も高かったのは小川川KO<sub>2</sub>の7.8であった (Fig. 3b)。

水質に関しては、CODは枝川川最源流点ED<sub>0</sub>のみ突出して高く2.8 mg/Lであったが、その他の地点では1.1 mg/L以下の低い値であった (Fig. 4a)。硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N) は、槇ノ谷川MAと北谷川KIで200-434 μg/Lと高い値をとる傾向にあったが、その他の地点では190 μg/L以下の低い値をとった (Fig. 4b)。

底生藻類量に関して、クロロフィルaとフェオフィチンaを合わせた全光合成色素濃度は、北谷川KI<sub>1</sub>の0.5 mg/m<sup>2</sup>から小川川KO<sub>2</sub>の308 mg/m<sup>2</sup>の範囲であった (Fig. 5)。全光合成色素濃度に対するクロロフィルaの割合は、最源流点での平均値は41%、下流の調査地点における平均値は58%であった (北谷川KI<sub>1</sub>では0%)。相対光量子密度は、槇ノ谷川最源流点MA<sub>0</sub>の52%と大樽谷川OT<sub>2</sub>の34%を除けば、30%以下であった。

仁淀川源流域にある6支流17地点で採集された底生動物 (サワガニを除く) はTable 1のとおりである。単位面積当たりの総個体数でみると、槇ノ谷川最源流点MA<sub>0</sub>が3496個体と最も多く、最も少ないのは北

谷川最源流点KI<sub>0</sub>の59個体であった。最源流点において、最も多い個体数が採集された底生動物は、槇ノ谷川MA<sub>0</sub>、北谷川KI<sub>0</sub>、枝川川ED<sub>0</sub>、小川川KO<sub>0</sub>ではオナシカワゲラ科 (Nemouridae) の幼虫、長者川CH<sub>0</sub>ではプラナリア (ウズムシ目: Tricladida)、大樽谷川OT<sub>0</sub>ではニホンヨコエビ (*Gammarus nipponensis*) であった。槇ノ谷川MA<sub>0</sub>では、オナシカワゲラ科とともにカクツツビケラ属 (*Lepidosotma* spp.) の密度も1000匹を超えた。槇ノ谷川MA<sub>0</sub>、北谷川KI<sub>0</sub>、長者川CH<sub>0</sub>の3地点でガガンボカゲロウ (*Dipteromimus tipuliformis*) がみられた。下流の調査地点においては、槇ノ谷川MA<sub>1</sub>ではカクツツビケラ属、枝川川EDではミヤマシマトビケラ属 (*Diplectrona* spp.) の個体が多く採集された。ニホンヨコエビは小川川KO、長者川CH、大樽谷川OTの下流における調査地点全てでみられた。ミヤマシマトビケラ属、フタスジモンカゲロウ (*Ephemera japonica*)、トウゴウカワゲラ (*Togoperla limbata*)、ユスリカ科 (Chironomidae) はすべての支流でみられた。ヒゲナガカワトビケラ (*Stenopsyche marmorata*)、クラカケカワゲラ属 (*Paragnetina* spp.)、エルモンヒラタカゲロウ (*Epeorus latifolium*) は長者川CH<sub>2</sub>でしかみられなかった。

サワガニを除く底生動物の生物量に関しては、大樽谷川OT<sub>0</sub>を除けば最源流点よりも下流の調査地点において多い傾向がみられた (Fig. 6)。最源流点では、槇

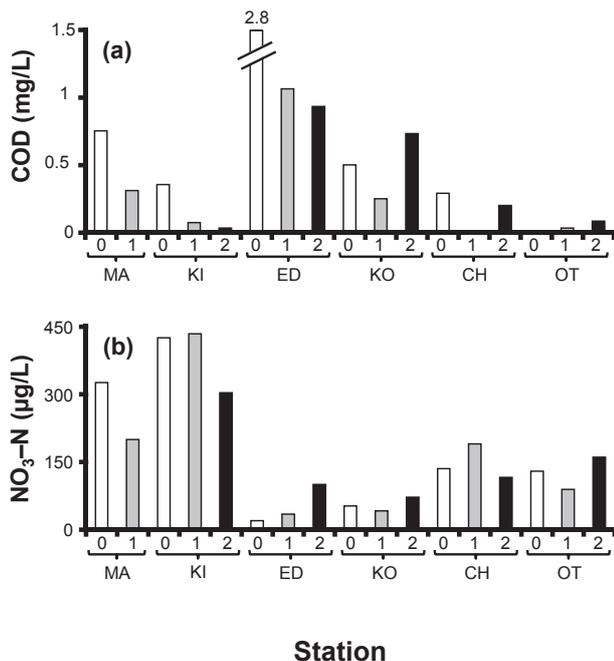


Fig. 4. Water quality of six headwater streams of the Niyodo River. (a) Chemical oxygen demand, and (b) nitrate nitrogen concentration.

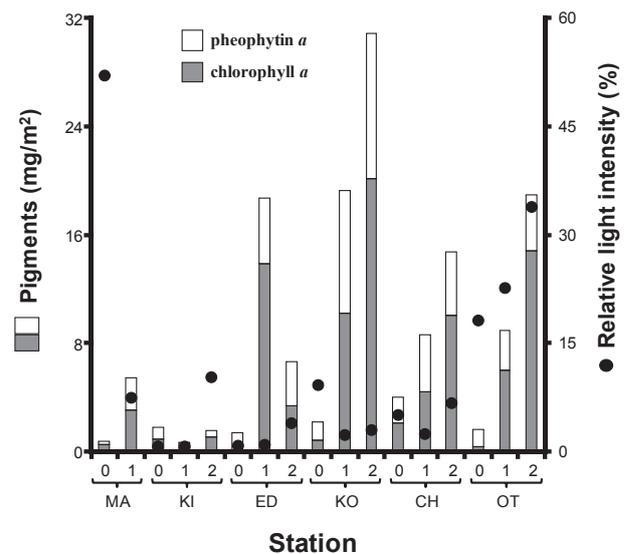
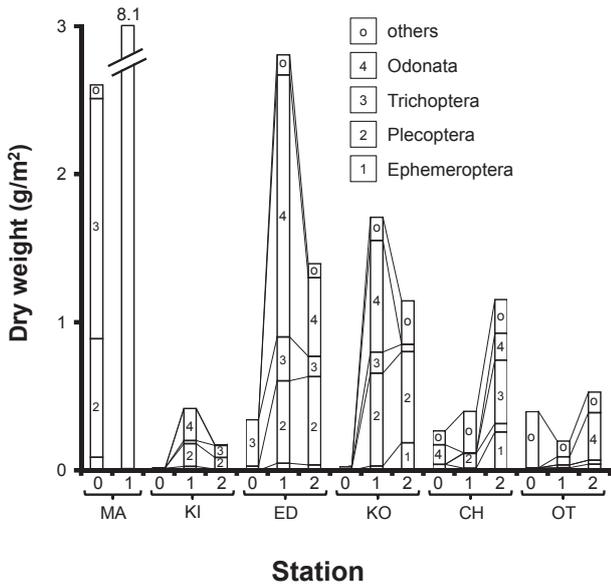


Fig. 5. Benthic algae and light conditions in six headwater streams of the Niyodo River. The density of benthic algae was expressed as photosynthetic pigments (chlorophyll a and pheophytin a). The relative light condition was defined as the relative light intensity at the stream surface exposed to the open air and receiving direct sunlight.

**Table 1.** Benthic invertebrates collected at 17 stations in the headwater region of the Niyodo River. Units are individuals per unit area (m<sup>-2</sup>). See Fig. 1 for station abbreviations.

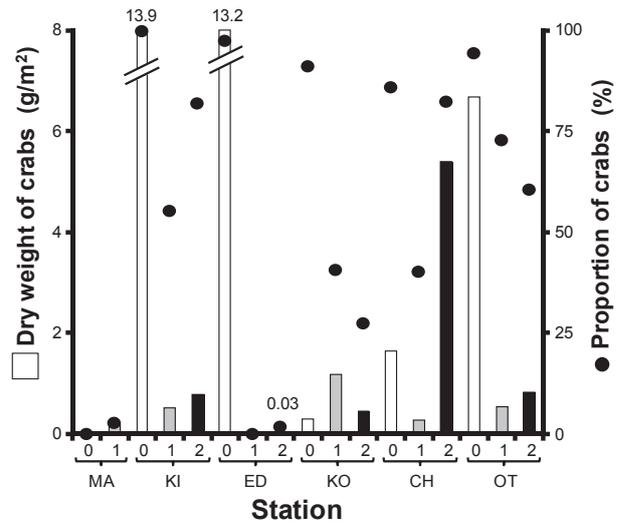
Species	Station																																								
	MA <sub>0</sub>	MA <sub>1</sub>	KI <sub>0</sub>	KI <sub>1</sub>	KI <sub>2</sub>	ED <sub>0</sub>	ED <sub>1</sub>	ED <sub>2</sub>	KO <sub>0</sub>	KO <sub>1</sub>	KO <sub>2</sub>	CH <sub>0</sub>	CH <sub>1</sub>	CH <sub>2</sub>	OT <sub>0</sub>	OT <sub>1</sub>	OT <sub>2</sub>																								
Amphipoda	<i>Gammarus nipponensis</i>										138	220	30	83	2	335	96	158																							
Coleoptera																																									
Dytiscidae																																									
Elmidae																																									
Hydrophilidae																																									
Psephenidae	<i>Eubrianax</i> spp.										15	7	21	15	41	8	8																								
	<i>Mataeopsephus</i> sp.																	29																							
Ptilodactylidae																																									
Scritidae																																									
others																																									
Diptera																																									
Blephariceridae	<i>Phylorus</i> sp.																	30																							
Ceratopogonidae																																									
Chironomidae	104	44				7	18			14				21	15	7			8	48	34																				
Simuliidae																																									
Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.																	15																							
others																																									
Ephemeroptera																																									
Ameletidae	<i>Ameletus</i> spp.																	44	74						2																
Baetidae																																									
	<i>Baetiella</i> sp.																				8																				
	<i>Baetis</i> spp.																	30				14	7	83	62	135	17														
others																																									
Dipteromimidae	<i>Dipteromimus tipuliformis</i>																	15	15	6						7	30	7													
Ephemerellidae																																									
	<i>Drunella basalis</i>																				4																				
	<i>Drunella ishiyamana</i>																				15																				
others																																									
Ephemeridae	<i>Ephemerella japonica</i>																	44				41	7			7	7	14	7	6	17	21	21								
Heptageniidae																																									
	<i>Bleptus fasciatus</i>																				59				7			15													
	<i>Cinygmula</i> spp.																				44						14	28			10										
	<i>Ecdyonurus tigris</i>																									14															
	<i>Ecdyonurus tobiironis</i>																									18	14			34	28										
	<i>Epeorus curvatus</i>																									18	14			34	28										
	<i>Epeorus latifolium</i>																												21												
	<i>Epeorus napaicus</i>																												4												
	<i>Epeorus nipponicus</i>																												8												
	<i>Epeorus</i> spp.																									15				34			33	7							
	<i>Heptagenia</i> spp.																									15				30	28	44	28	8							
others																																									
Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia japonica</i>																				30						7			28	7	14									
	<i>Paraleptophlebia westoni</i>																									7			28	7	14										
	<i>Paraleptophlebia</i> spp.																												28	7	14										
others																																									
Haploutaxida																																									
Lepidoptera																																									
Odonata																																									
Aeshnidae																																									
Calopterygidae																																									
Epiphebiidae	<i>Epiphebia superstes</i>																				15	28	7	7	15	7	8	28													
Gomphidae																																									
Lestidae																																									
Plecoptera																																									
Chloroperlidae	<i>Sweltsa</i> sp.																				59						30	44			44	21	10	8	41	110					
others																																									
Nemouridae	<i>Amphinemura</i> spp.																									30				7			44	7	2						
	<i>Indonemoura Baumann</i>																												1526	35			160	7	74	21			7	21	
	<i>Nemoura</i> spp.																															7	7	7	7	7					
others																																									
Pertidae	<i>Gibosia</i> sp.																												7			7									
	<i>Niponjella limbata</i>																												7			15									
	<i>Paragnetina</i> sp.																															4									
	<i>Togoperla limbata</i>																									89	28	21	30	21	41	41	7	23	14						
others																																									
Perlodidae	<i>Pseudomegarcys japonica</i>																												44						7	7					
Trichoptera																																									
Arctopsychidae																																									
	<i>Arctopsyche</i> spp.																															8									
	<i>Parapsyche</i> sp.																															7									
Brachycentridae	<i>Micrasema hanasensis</i>																															6									
	<i>Micrasema</i> sp.																															7									
Glossosomatidae	<i>Agapetus</i> spp.																															44				14	7				
	<i>Glossosoma ussuriicum</i>																																		7						
	<i>Glossosoma</i> spp.																															7	14								
Hydropsychidae																																									
	<i>Diplectrona</i> spp.																												74				7	119	34	14	41	28			14
	<i>Hydropsyche dilatata</i>																																		21						
	<i>Hydropsyche orientalis</i>																																		85						
Lepidostomatidae																																									
	<i>Lepidostoma crassicornis</i>																															21	36	15			30				
	<i>Lepidostoma</i> spp.																															1481	207			30			2		
others																																									
Limnocoentropodidae	<i>Nothopsyche yamagataensis</i>																															15				15	7				
Philopotamidae																																									
	<i>Chimarra</i> sp.																															7									
	<i>Wormaldia</i> spp.																															7			15						
Phryganopsychidae	<i>Phryganopsyche latipennis</i>																															7									
Polycentropodidae																																									
	<i>Plectrocnemia</i> sp.																															53			7	59					
others																																									
Rhyacophilidae																																									
	<i>Rhyacophila clemens</i>																																		2						
	<i>Rhyacophila yosiana</i>																															7			2						
	<i>Rhyacophila</i> spp.																															15				15					
Stenopsychidae	<i>Stenopsyche marmorata</i>																																		2						
others																																									
Tricladida	193	59						30	21			28	55	59	55			34	62	21																					
Sum	3496	1096	59	165	96	284	474	241	178	413	640	222	296	498	469	337	585																								



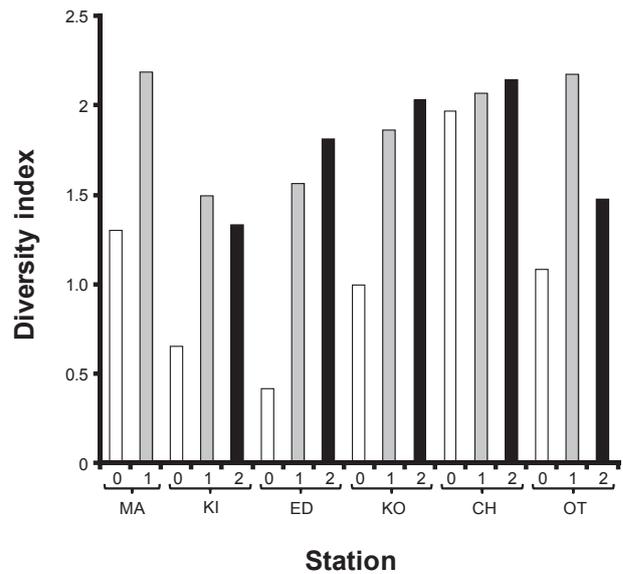
**Fig. 6.** Biomass of the benthic invertebrate communities (excluding freshwater crabs) in six headwater streams of the Niyodo River. The biomass in the Makinotani Stream (MA<sub>1</sub>) was 8.1 g/m<sup>2</sup> in total (Ephemeroptera: 0.74 g/m<sup>2</sup>, Plecoptera: 1.75, Trichoptera: 0.55, Odonata: 3.48, others: 1.6).

ノ谷川MA<sub>0</sub>で最も多く2.6 g/m<sup>2</sup>でありその60%以上をカクツトビケラ属が占め、最も少ないのは北谷川KI<sub>0</sub>で0.02 g/m<sup>2</sup>未満であった。下流の調査地点においては、横ノ谷川MA<sub>1</sub>で最も多く8.1 g/m<sup>2</sup>で、最も少ないのは北谷川KI<sub>2</sub>の0.2 g/m<sup>2</sup>であった。横ノ谷川MA、枝川川ED、北谷川KI<sub>1</sub>と小川川KO<sub>1</sub>、大樽谷川OT<sub>2</sub>でトンボ目 (Odonata) の占める割合が高かった。枝川川ED<sub>2</sub>と小川川KO<sub>2</sub>はカワゲラ目 (Plecoptera)、長者川CH<sub>2</sub>でトビケラ目 (Trichoptera) の割合がそれぞれ最も高かった。北谷川KI<sub>2</sub>では、トビケラ目とカワゲラ目がほぼ等しく優占し、合わせて90%以上を占めた。長者川CH<sub>1</sub>でカワゲラ目、甲虫目 (Coleoptera)、ウズムシ目 (Tricladida) がほぼ等しい割合で占めた。すべての調査地点の中で生物量が最も多かった横ノ谷川MA<sub>1</sub>では、大型のトンボ目 (Aeshnidae: ヤンマ科) と双翅目 (Blephariceridae: ガガンボ科)、カワゲラ目 (トウゴウカワゲラ) が採集された。

サワガニ (*Geothelphusa dehaani*) の生物量は最源流点で多く、北谷川KI<sub>0</sub>、枝川川ED<sub>0</sub>、大樽谷川OT<sub>0</sub>でそれぞれ13.9、13.2、6.7 g/m<sup>2</sup>であった (Fig. 7)。また、下流の調査地点で高かったのは長者川CH<sub>2</sub>の5.4 g/m<sup>2</sup>であった。横ノ谷川最源流点MA<sub>0</sub>と枝川川ED<sub>1</sub>ではサワガニはみられなかった。全底生動物の生物量に対するサワガニの占める割合は、特に最源流点で高く86-99.9%を占めた (横ノ谷川MAを除く)。Table 1に



**Fig. 7.** Biomass of the freshwater crab *Geothelphusa dehaani* (bars), and the proportion of biomass of the crab to biomass of the total invertebrate communities (closed circles) in six headwater streams of the Niyodo River.



**Fig. 8.** Shannon-Wiener's index of diversity  $H'$  for the benthic invertebrate communities (excluding freshwater crabs) in six headwater streams of the Niyodo River. The calculation of the  $H'$  value was based on the taxonomic level of orders (Ephemeroptera, Plecoptera, etc.) of the invertebrates rather than the levels of families, genera, and species, because of difficulties in identification.

おいて、目ごとの乾燥重量を基に式 (1) にしたがって底生動物群集の目に関する分類群の多様度指数 $H'$ を求めたところ、横ノ谷川MA<sub>1</sub>が最も高く2.2、枝川川最源流点ED<sub>0</sub>が最も低く0.4であった (Fig. 8)。

### 考察

仁淀川源流域の河川環境と底生生物の特徴を化学的、生物学的に考察するため、同じく高知県内を流れる鏡川上流域（大西・加藤 2013）と四万十川の上流域（江口ほか 2014）との比較を行なう。比較する鏡川上流域の流量は240-2445 L/s、四万十川の上流域の流量は41-83 L/sである。仁淀川水系の水質に関して、硝酸態窒素は概ね鏡川や四万十川など高知県内の河川で測定されたものと近い値であった。仁淀川の底生藻類の光合成色素濃度（0.5-308 mg/m<sup>2</sup>）は、鏡川の7.7-30.5 mg/m<sup>2</sup>、四万十川の1.4-36.4 mg/m<sup>2</sup>と近い値であった。

サワガニを除く底生動物の生物量（乾燥重量）では、榎ノ谷川MA<sub>1</sub>が8.1 g/m<sup>2</sup>と高い値となった。この値は鏡川で最大の0.6 g/m<sup>2</sup>、四万十川で最大の4.7 g/m<sup>2</sup>と比べても高い。榎ノ谷川MA以外の支流では、最源流点を除くと全ての調査点の生物量（0.2-2.8 g/m<sup>2</sup>）は四万十川で調査された0.2-4.7 g/m<sup>2</sup>の範囲に入った。

仁淀川源流域で広くみられたトウゴウカワゲラとフタスジモンカゲロウは鏡川と四万十川の調査でも広く確認されている（大西・加藤 2013、江口ほか 2014）。ヘビトンボ目（Megaloptera）、オオヤマカワゲラ属（*Oyamia* spp.）、ヒゲナガカワトビケラは鏡川と四万十川上流域ではみられたが（大西・加藤 2013、江口ほか 2014）、本研究を行なった仁淀川源流域では採集されなかった。ヒゲナガカワトビケラは鏡川や四万十川上流域では多くの調査地点で採集され優占種の1つであった。ヒゲナガカワトビケラは上流から下流域にかけて分布することが知られている（丸山・高井 2000、川合・谷田 2005）。仁淀川における水生昆虫に関しては1973年に本研究の地点より下流側で調査が行なわれ、当時はヒゲナガカワトビケラが広範囲で採集されたことから（津田・古屋 1974）、ヒゲナガカワトビケラは仁淀川源流域ではみられない種といえる。

一方、鏡川と四万十川上流域ではみられないが仁淀川源流域で採集された分類群として、ミヤマシマトビケラ属、個体数が少ないがオビカゲロウ（*Bleptus fasciatus*）とマルバネトビケラ（*Phryganopsyche latipennis*）が挙げられる。ミヤマシマトビケラ属は源流や細流に分布することが知られている（丸山・高井 2000、川合・谷田 2005）。最源流点で多く採集された分類群としては、ガガンボカゲロウとオナシカワゲラ科が挙げられ、これらは四万十川上流域や鏡川上流域、1970年代の仁淀川上流域ではほとんどみられない。ガガンボカゲロウは源流域に生息することが知

られている一方、オナシカワゲラ科は中流域から渓流や谷沢において分布するが湧水や山岳地などの特異な環境ではいまだに多くの未記載種がある（川合・谷田 2005）。最源流点は山肌から水が浸み出してくる地点であることから、本研究で採集されたオナシカワゲラ科は湧水地に特異的なまだ分類されていない種である可能性がある。仁淀川最源流点における水生昆虫に関する特徴としては、ガガンボカゲロウが出現することと、オナシカワゲラ科が個体数で優占することが挙げられる。

## 謝辞

本研究を実施するにあたり協力していただいた古屋八重子さん、NPO法人環境の杜こうち石川妙子さん、いの町役場社会教育課町史編さん室の山岡遵さん、椋山女学園大学教育学部の野崎健太郎さん、高知大学大学院総合人間自然科学研究科の渡邊礼雄さん、佐藤大紀さん、三好智子さん、高知大学理学部の見並由梨さんに感謝いたします。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

- 江口葉月・石田一馬・井上光也・加藤元海. 2014. 四万十川上流域における河川環境と底生生物. 黒潮圏科学, 7: 123-131.
- 古屋八重子. 1975. 鏡川の底生動物相. げんせい, 29: 9-13.
- 古屋八重子. 1977. 四万十川水系の底生動物群集と生物学的水質判定. 四万十川水系の生物と環境に関する総合調査, 高知県, pp. 121-158.
- 古屋八重子. 1990. 四万十川の動物—底生動物. 四万十川<しぜん・いきもの>, 高知市民図書館, pp. 161-220.
- 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.
- 加藤元海. 2014. 流速と流量. 日本陸水学会東海支部会（編）「身近な水の世界科学：実習・測定編」, 朝倉書店, pp. 35-38.
- 川合禎次・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.
- 国土交通省. 2006. <http://www.mlit.go.jp/common/000013184.pdf>. (2014年7月18日閲覧)

- 国土交通省. 2008. [https://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/jigyo\\_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/niyodogawa88-1.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/niyodogawa88-1.pdf). (2014年1月14日閲覧)
- 国土交通省. 2010. [http://www.mlit.go.jp/report/press/river03\\_hh\\_000366.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/river03_hh_000366.html). (2014年1月15日閲覧)
- 国土交通省. 2012. [http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03\\_hh\\_000662.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000662.html). (2014年1月15日閲覧)
- 国土交通省. 2014. <http://www.skr.mlit.go.jp/kochi/niyoseibikeikaku/about/outline.html>. (2014年1月15日閲覧)
- 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.
- 水野信彦・御勢久右衛門. 1993. 河川の生態学. 築地出版.
- 日本分析化学学会北海道支部. 2005. 水の分析 第5版. 化学同人.
- 野崎健太郎・加藤元海. 2014. 藻類. 日本陸水学会東海支部会(編)「身近な水の環境科学: 実習・測定編」, 朝倉書店, pp. 53-55.
- 大西由希子・加藤元海. 2013. 鏡川上流域における河川環境と底生動物. *黒潮圏科学*, 6: 208-216.
- Shannon, C. E. and Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Chicago.
- 津田松苗. 1962. 水生昆虫学. 北隆館.
- 津田松苗・古屋八重子. 1974. 仁淀川の底生動物相の調査報告.
- Yoshimura, M. and Maeto, K. 2006. Comparison of an aquatic invertebrate assemblage between an old-growth natural forest and planted coniferous forest basins in the Shimanto River basin. *Landscape and Ecological Engineering*, 2: 81-89.
- Yoshimura, M. 2007. Comparison of stream benthic invertebrate assemblages among forest types in the temperate region of Japan. *Biodiversity Conservation*, 16: 2137-2148.

- Yoshimura, M. 2008. Longitudinal patterns of benthic invertebrates along a stream in the temperate forest in Japan: in relation to humans and tributaries. *Insect Conservation and Diversity*, 1: 95-107.

### **Benthic algae and invertebrates in the headwater regions of the Niyodo River, Kochi Prefecture**

Mitsuya Inoue<sup>1)</sup>, Naoko Ohara<sup>1)</sup>  
and Motomi Genkai-Kato<sup>1,2)\*</sup>

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

<sup>2)\*</sup>Graduate School of Kuroshio Science,  
Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho,  
Kochi 780-8520, Japan

### **Abstract**

The Niyodo River in Shikoku Island, western Japan, is famous for its clear water and recreational site. However, little is known about the benthic algae and invertebrates in the Niyodo River, compared with similar organisms in the Shimanto and Kagami Rivers on the island of Shikoku. Surveys were conducted for discharge, water chemistry, and benthic algae and invertebrates at 17 stations in six headwater streams of the Niyodo River system, including headwater stations (the most distant point along watercourses from the river mouth). The headwater stations were located at altitudes between 364 and 1206 m above sea level. There was a tendency for the density of benthic algae and biomass of invertebrates (excluding freshwater crabs) to be lower at the headwater stations than those at the downstream stations. *Diplectrona* (Trichoptera: Hydropsychidae), *Nemouridae* (Plecoptera), and *Dipteromimus tipuliformis* (Ephemeroptera: Dipteromimidae) were widely observed in the headwater regions of the Niyodo River.

**Key words:** Aquatic insects, benthic invertebrates, Niyodo River, headwater streams, water quality.