

研究ノート

高知県内の河川におけるプラナリアの生息環境

宇都宮稜¹⁾・井上光也²⁾・宮地 萌²⁾・加藤元海^{1,3)*}

要 旨

プラナリア (三岐腸目: Tricladida) は再生能力が高く実験動物として知られる一方で、自然下における生態はほとんど知られていない。本研究では高知県内を流れる河川を対象として、河川の物理化学的環境と底生動物相からプラナリアの生息環境を調べた。プラナリアの出現確率は、標高が高く、流量が少なく、川幅が狭いほど高かった。プラナリアと生息環境が最も近い底生動物は甲殻類のサワガニ科で、次いで水生昆虫のヒラタドROMシ科、モンカゲロウ科、ナガレトビケラ科、ヒゲナガカワトビケラ科、ガガンボ科とトビイロカゲロウ科であった。これらの動物群は、河床が砂地の場所や流れの緩やかな場所、載り石や沈み石の裏面、落葉落枝などの有機物が堆積した場所などを生息場所の特徴としている。本研究から、プラナリアは河川の源流域や上流域の流れが緩やかな砂地の河床を好み、載り石や沈み石の裏で、落ち葉の溜まりやすい場所に多く生息していることが示唆された。

キーワード: サワガニ、上流域、砂地、底生動物、リター

プラナリアは扁形動物門ウズムシ綱三岐腸目 (Tricladida) に属する動物群の総称である (八杉ほか 1996)。プラナリアの体長は10–30 mmで、体は茶褐色をしている (宮崎 2012)。プラナリアは再生能力が高く、特に発生生物学における重要な実験動物である (手代木・渡辺 1998)。一方で、自然下における生態はほとんど知られていない。淡水産プラナリアであるサンカクアタマウズムシ科のナミウズムシ (*Dugesia japonica*) は中等教育の現場で再生実験の教材として広く使用されており、実験動物として採集するには、身近な小川や池、泉などの石や枯れ枝、枯れ葉の裏面を探すとよいとされている (宮崎 2012)。

プラナリアは、河川上流域においても底生動物採集の際にしばしば採集される (江口ほか 2014、井上ほか 2015)。四国における淡水産プラナリアについては、石鎚山系 (川勝・伊藤 1963)、剣山と赤石山系 (川勝・大河原 1968)、鬼ヶ城山 (川勝ほか 1975、川勝・高橋 1977) において分布調査が行なわれている

が、詳しい生息環境については報告されていない。本研究では、高知県内を流れる仁淀川、四万十川と吉野川の各水系の支流と上ノ加江川と大坂谷川の10河川14地点を対象に、河川の物理化学的環境と底生動物相からプラナリアの生息環境を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

2015年と2016年の夏季の昼間、高知県内を流れる仁淀川、四万十川、吉野川の各水系の支流と上ノ加江川と大坂谷川の14地点を調査河川とした (Fig. 1)。2015年9月14日に、吉野川水系の中ノ川川1 (略号 Nak 1: いの町、緯度N33°46'12.59"、経度E133°16'38.88"、標高692 m)、中ノ川川2 (Nak 2: いの町、N33°46'11.44"、E133°16'29.98"、701 m)、中ノ川川3 (Nak 3: いの町、N33°46'10.01"、E133°16'05.09"、740 m) で調査を行なった。仁淀川水系では、2016年8月10日に甲原川 (Kan: 土佐市、N33°29'29.64"、E133°21'22.49"、22 m)、尾川川 (Oga: 佐川町、N33°29'12.84"、E133°13'21.53"、196 m)、戸梶川 (Tok: 日高村、N33°30'21.31"、E133°20'56.25"、64 m)、2016年8月11日に土居川 (Doi: 仁淀川町、N33°38'27.54"、E133°04'36.94"、584 m)、椿山川1 (Tub 1: 仁淀川町、N33°40'25.92"、E133°08'

2017年1月27日受領; 2017年2月8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) 高知大学大学院総合人間自然科学研究科
〒780-8520 高知市曙町2-5-1

3) 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

プラナリアの生息環境

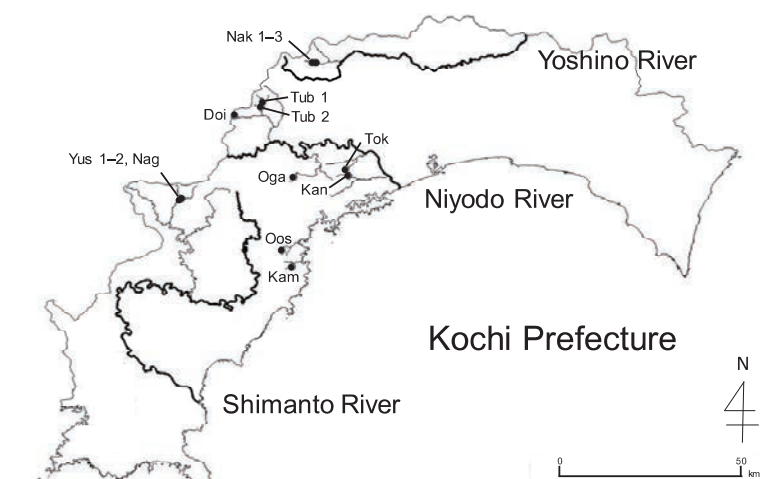


Fig. 1. Map of Kochi Prefecture and sampling locations (●). Sampling was conducted in the summer of 2015 and 2016 at 14 stations: Nakanokawa Stream 1 (Nak 1), Nakanokawa Stream 2 (Nak 2), Nakanokawa Stream 3 (Nak 3), Kanbara Stream (Kan), Ogawa Stream (Oga), Tokaji Stream (Tok), Doi Stream (Doi), Tubayama Stream 1 (Tub 1), Tubayama Stream 2 (Tub 2), Yusuhara Stream 1 (Yus 1), Nagano Stream (Nag), Yusuhara Stream 2 (Yus 2), Kaminokae Stream (Kam), Oosakadani Stream (Oos).

42.51″、493 m)、椿山川 2 (Tub 2 : 仁淀川町、N33° 39′ 35.75″、E133° 08′ 33.73″、403 m) で調査を行なった。四万十川水系では、2016年 8 月 24 日に梶原川 1 (Yus 1 : 梶原町、N33° 25′ 55.86″、E132° 56′ 43.94″、496 m)、永野川 (Nag : 梶原町、N33° 26′ 01.27″、E132° 56′ 49.63″、496 m)、梶原川 2 (Yus 2 : 梶原町、N33° 26′ 02.21″、E132° 56′ 54.73″、493 m) で調査を行なった。2016年 9 月 8 日に上ノ加江川 (Kam : 中土佐町、N33° 16′ 05.73″、E133° 13′ 02.59″、70 m) と大坂谷川 (Oos : 中土佐町、N33° 18′ 28.97″、E133° 11′ 38.58″、78 m) で調査を行なった。

各調査地点にて巻き尺を用いて川幅、折れ尺を用いて水深、プロペラ式流速計 (CR-11、コスモ理研) を用いて流速を測定し、流量 (discharge、単位 L/s) を求めて河川規模の指標とした (加藤 2014)。水温を棒温度計で測定し、pH をパックテストで測定した (KR-pH、共立理化学研究所)。河川の一次生産者である底生藻類密度の推定は、野崎・加藤 (2014) の方法に従って次のように行なった。川底から石を 3 つ採取し、石の表面を金属ブラシで剥ぎ落した。石の表面積は適当な図形 (長方形や台形など) で近似して求めた。底生藻類密度の指標として、光合成色素であるクロロフィル *a* 量を用いて単位面積あたりの値とした (mg/m^2)。クロロフィル *a* の抽出には 90% アセトン溶液を用い、ユネスコ法で分光光度計 (SP-300、Optima) を用いて分析した (SCOR/ UNESCO 1966)。底生藻類密度は 3 つの石の平均値

とした。

河川における底生動物の採集は、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 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 回繰り返す、採集した底生動物は濃度 70% のエタノールで固定した。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)、日本産水生昆虫 (川合・谷田 2005)、中国・四国のトンボ図鑑 (杉村ほか 2008) を用いて、双眼実体顕微鏡 (YC-40RL、ヤガミ) 下で科の分類群まで同定し、個体数を計数した。プラナリアについては、科ではなく三岐腸目 (Tricladida) としてまとめて扱った。

2015 年と 2016 年に行なった野外調査に加え、2011 年の鏡川水系 (大西・加藤 2013)、2012 年の四万十川水系 (江口ほか 2014)、2013 年の仁淀川水系 (井上ほか 2015)、2014 年の仁淀川と四万十川の水系 (山中ほか 2016)、2014–2015 年の仁淀川と四万十川の水系 (井上 2016)、2015–2016 年の仁淀川と鏡川の水系 (宮地ほか 2017)、2016 年の仁淀川と鏡川の水系 (井上 未発表) で得られたデータも含めて合計 171 地点のデータで分析を行なった。プラナリアの存在と河川環境間の関係を検討するため、プラナリアが採集された地点を 1、採集されなかった地点を 0

としてロジスティック回帰分析を行なった。ロジスティック回帰分析では、プラナリアの存在を目的変数とし、標高、流量、川幅もしくはクロロフィル a 量を説明変数とした。回帰式から、環境条件に対して出現確率が50%となる点（変曲点）を求めた。プラナリアと生息環境に近い底生動物を調べるため、標高、水温、流量、クロロフィル a 量を指標として多次元尺度構成法で解析を行ない、底生動物を分類群（科）ごとに二次元空間に配置した。標高は0–250、250–500、500–750、750–1000、1000–1250 mの5つに区分した。水温は0–5、5–10、10–15、15–20、20–25、25℃以上の6つに区分した。流量は0–250、250–500、500–750、750–1000、1000–1250、1250 L/s以上の6つに区分した。クロロフィル a 量は0–2.5、2.5–5、5–7.5、7.5–10、10 mg/m²以上の5つに区分した。各分類群の個体数密度は区分ごとに算出し、各区分に属する地点の中で平均した値を用いた。出現頻度の少ない分類群

を分析から除くため、全171地点のうち約3分の1にあたる60地点以上で出現した分類群のみを分析に用いた。統計処理はフリーの統計分析ソフトウェアRを用いた（version 3.3.2、R Development Core Team 2016）。

結果

調査地の全171地点における環境条件の範囲は、標高では22–1206 m、水温では0.9–27℃、流量では0.06–8554 L/s、川幅では0.05–26 m、クロロフィル a 量では0–63 mg/m²、pHでは5.5–8.3であった。全171地点のうち、プラナリア（Tricladida）が採集されたのは60地点であった。プラナリアが最も高い割合で採集された各環境条件の区分は、標高では1000–1250 m、水温では5–10℃、流量では0–250 L/s、川幅では0–5 m、クロロフィル a 量では2.5–5 mg/m²、pHでは5.5–6.5であった（Fig. 2）。

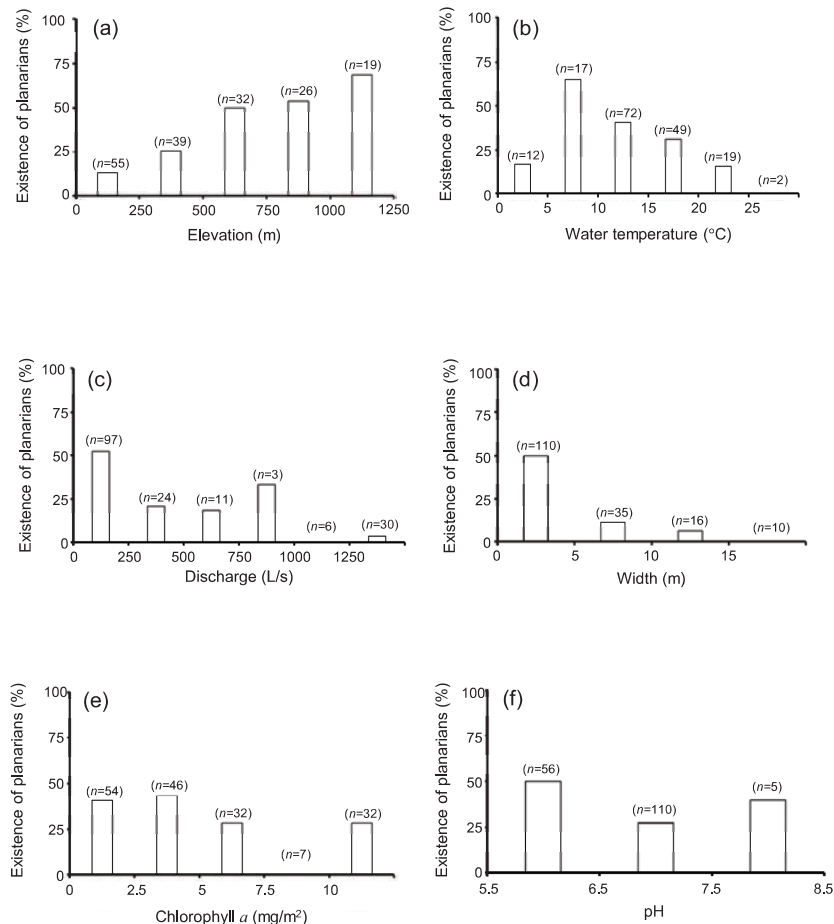


Fig. 2. Probability of planarian existence and environmental variables. The environmental variables were elevation (a), water temperature (b), discharge (c), stream width (d), chlorophyll a (e), and pH (f). n is the number of sampling stations belonging to the corresponding variable ranges.

ロジスティック回帰分析の結果、プラナリアの出現は標高、流量、川幅それぞれの環境条件との間に有意な関係があったが、クロロフィル a 量との間には有意な関係はなかった (Table 1)。プラナリアの出現確率は、標高が高く、流量が少なく、川幅が狭いほど高かった (Fig. 3)。プラナリアの出現確率が 50% となる点は、標高 741 m、流量 63 L/s、川幅 1.4 m であった。

多次元尺度構成法の結果、プラナリア (Tricladida) と生息環境が最も近い分類群は甲殻類のサワガニ科 (Potamidae) であった (Fig. 4)。次いでユークリッド距離が近かったのは、いずれも昆虫綱に属するヒ

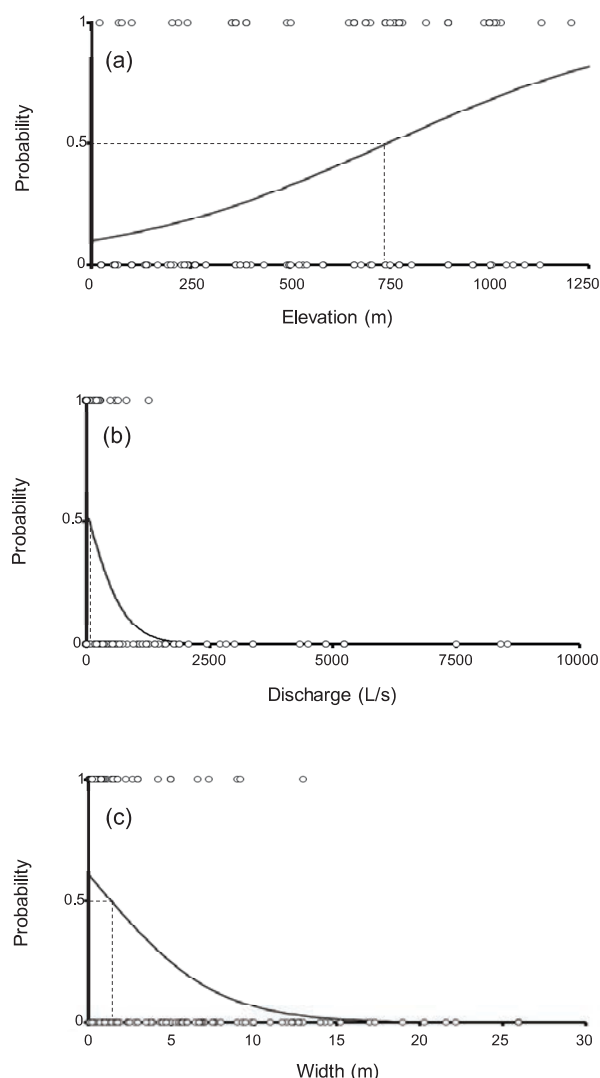


Fig. 3. Probability of planarian existence (1: present, 0: absent) along an environmental gradient using logistic regression analysis. The environmental variables were elevation (a), discharge (b) and stream width (c). Regression curves were also indicated.

ラドロムシ科 (Psephenidae)、モンカゲロウ科 (Ephemeridae)、ナガレトビケラ科 (Rhyacophilidae)、ヒゲナガカワトビケラ科 (Stenopsychidae)、ガガンボ科 (Tipulidae) とトビイロカゲロウ科 (Leptophlebiidae) であった。なお、多次元尺度構成法の当てはまりについては、各分類群の点間の距離に関する多次元空間におけるユークリッド距離と二次元空間に配置し

Table 1. Results of logistic regression analysis using the equation $y = 1/[1 + e^{-(ax+b)}]$, where y was the presence (1) or absence (0) of planarians and x was an environmental variable ($n = 171$). I is the inflection point of the equation, where the probability of planarian existence is 0.5.

x	a	b	χ^2	P	I
Elevation	0.003	-2.19	26.5	<0.001	741 m
Discharge	-0.003	0.17	13.7	<0.001	63 L/s
Width	-0.31	0.43	21.8	<0.001	1.4 m
Chlorophyll a	-0.003	-0.6	0.02	0.875	-

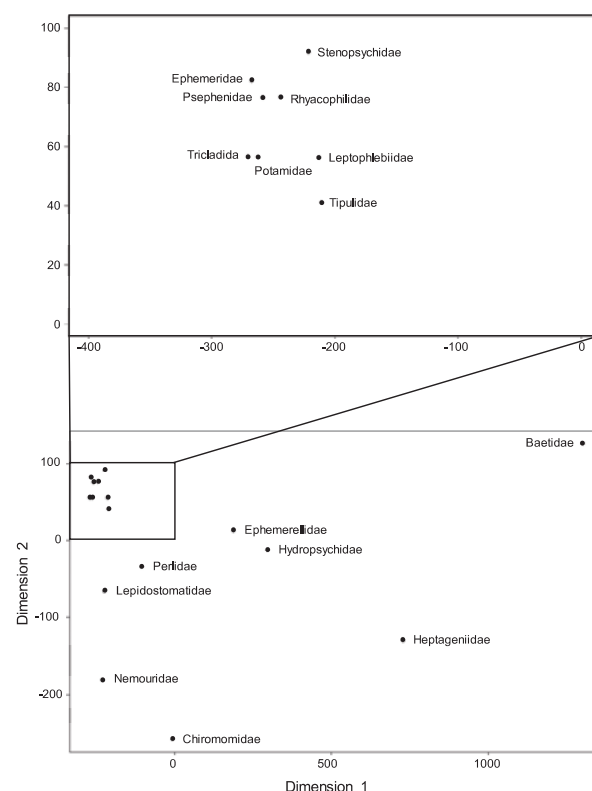


Fig. 4. Two-dimensional arrangement of the habitats of planarians (order Tricladida) and other benthic invertebrate communities (taxonomic category: family), based on elevation, water temperature, discharge, and chlorophyll a using the multidimensional scale method.

直したときのユークリッド距離 (Fig. 4) との間の相関係数の 2 乗値は 0.995 であった。

考察

標高が高く、流量が少なく、川幅が狭い地点ほどプラナリアの出現確率が高かった。これらのことから、プラナリアの存在には川の規模が決定要因となっており、プラナリアは河川の下流域よりも上流域や源流域に多く生息していることが示された。プラナリアと生息環境が最も近かったのはサワガニであり、サワガニは渓流域を生息環境とし、大河川の本流よりも支流の小さな流れに多く生息することが知られている (小林 2000)。

プラナリアの微生息環境について、多次元尺度構成法のユークリッド距離が最も近かったサワガニ科は、主に流水中の転石の下を掘り下げた場所や落ち葉の溜まった部分 (リターパック) に生息している (小林 2000)。水生昆虫であるヒラタドロムシ科は、流水の石礫に密着して生息している (津田 1962)。トビイロカゲロウ科のうち、四国で確認されているヒメトビイロカゲロウ属 (*Choroiterpes*) は、沈み石 (河床の砂や砂利に部分的に埋まっている石) や載り石 (埋まらずに下面が河床と接着している石) の下面に集まり、トビイロカゲロウ属 (*Paraleptophlebia*) は、リターパックの間隙や載り石の下面に多く見られ、両属とも平瀬や淵に生息している (川合・谷田 2005)。モンカゲロウ科のフタスジモンカゲロウ (*Ephemera japonica*) は、河川上流域から中流域の流れの緩やかな砂泥底に生息している (川合・谷田 2005、丸山・高井 2000)。ヒメトビイロカゲロウ属、トビイロカゲロウ属、モンカゲロウ属、ナガレトビケラ科のナガレトビケラ属は、沈み石下の締まった空間や砂・砂利の中に潜り込む礫下砂-潜入の生活型をとる (小林ほか 2010)。これらのことからプラナリアは、流れが緩やかな砂地の河床を好み、浮石 (石同士が重なり合って下面が河床と完全には接着していない石) よりも載り石や沈み石の裏で、落葉落枝などの有機物が堆積した場所に多く生息していると考えられる。

謝辞

本研究を実施するにあたり協力していただいた梶

山女学園大学教育学部の野崎健太郎博士、兵庫県立人と自然の博物館の三橋弘宗研究員に感謝いたします。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. 四十万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.
- 井上光也・小原直子・加藤元海. 2015. 仁淀川源流域における河川環境と底生生物. 黒潮圏科学 8: 118-125.
- 井上光也. 2016. 河川源流域における流程に伴う河川環境と底生動物群集の変化. 高知大学大学院総合人間自然科学研究科修士論文, 28 pp.
- 加藤元海. 2014. 流速と流量. 日本陸水学会東海支部会 (編) 身近な水の環境科学: 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.
- 川勝正治・伊藤猛夫. 1963. 四国石鎚山系の淡水産プラナリアの生態調査報告. 日本生態学会誌 13: 231-235.
- 川勝正治・大河原玄沖. 1968. 淡路島, 小豆島, 剣山及び赤石山系の淡水産プラナリアの生態調査報告. 日本生態学会誌 18: 199-204.
- 川勝正治・高橋信夫・岡藤五郎・吉田博一. 1975. 四国鬼ヶ城山及び九州地方の淡水産プラナリアの生態調査報告; 西日本におけるミヤマウズムシの分布南限について. 藤女子大学・藤女子短期大学紀要 13(2): 79-91.
- 川勝正治・高橋信夫. 1977. 四国南部及び九州東南部地域の淡水産プラナリアの生態調査報告; 西南日本におけるミヤマウズムシの分布南限線について (追加). 藤女子大学・藤女子短期大学紀要 15(2): 91-96.
- 小林草平・中西哲・尾嶋百合香・天野邦彦. 2010. 愛知県豊川における瀬の物理特性と底生動物現存量. 陸水学会誌 71: 147-164.
- 小林哲. 2000. 河川環境におけるカニ類の分布様式と生態-生態系における役割と現状-. 応用生態工学 3: 113-130.
- 丸山博紀・高井幹夫. 2000. 原色川虫図鑑. 全国農村

教育協会.

- 宮地萌・井上光也・加藤元海. 2017. 河川上流域における底生無脊椎動物群集の体長に依存した個体数と生物量の推定式. 黒潮圏科学, 投稿中.
- 宮崎武史. 2012. 切っても死なない無敵の生きものプラナリアって何だろう? 幻冬舎ルネッサンス.
- 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. 51-53.
- 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生物. 黒潮圏科学 6: 208-216.
- SCOR/UNESCO. 1966. Working Group 17: Determination of photosynthetic pigments in sea water. UNESCO.
- 杉村光俊・小坂一章・吉田一夫・大浜祥治. 2008. 中国・四国のトンボ図鑑. いかだ社.
- 手代木渉・渡辺憲二. 1998. プラナリアの形態分化—基礎から遺伝子まで—. 共立出版.
- 津田松苗. 1962. 水生昆虫学. 北隆館.
- 山中萌・井上光也・加藤元海. 2016. 夏季の仁淀川と四万十川の上流域における底生動物群集の体長、個体数、生物量の関係. 黒潮圏科学 9: 124-136.
- 八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆. 1996. 生物学辞典 第4版. 岩波書店.

Habitats of planarians in streams in Kochi Prefecture, Japan

Ryo Utsunomiya¹⁾, Mitsuya Inoue²⁾,
Mei Miyaji²⁾ and Motomi Genkai-Kato^{1, 3)*}

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

²⁾ Graduate School of Integrated Arts and Science,
Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho,
Kochi 780-8520, Japan

³⁾ Graduate School of Kuroshio Science,
Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho,
Kochi 780-8520, Japan

Abstract

Planarians (order Tricladida) are well known as an experimental animal because of the ability to regenerate their lost body parts, but little is known about their natural habitat in streams. Surveys were conducted in streams in Kochi Prefecture, western Japan, and planarian habitat was examined in relation to physicochemical environments and benthic invertebrate communities. The probability of planarian existence tended to increase with elevation and decrease with discharge and river width. The multidimensional scale method showed that the habitat of planarians was close to those of freshwater crabs (Potamidae) and the following aquatic insects: Psephenidae, Ephemeridae, Rhyacophilidae, Stenopsychidae, Tipulidae, and Leptophlebiidae. These results suggest that planarians inhabit a space with litter under gravel on sandy soil in a headwater stream with slow current.

Key words: Benthic invertebrate, freshwater crab, litter, sandy soil, upstream.