

## 研究論文

# 河川の底生無脊椎動物群集における体長範囲に着目した個体数及び生物量

宮地 萌<sup>1)</sup>・井上光也<sup>1)</sup>・加藤元海<sup>1, 2)\*</sup>

## 要 旨

河川の底生無脊椎動物群集の定量採集では、特に小型個体の試料処理にかかる時間と労力は軽視しがたく、これまでのところ、小型個体を取り扱わずに個体数や生物量をできる限り正確に推定することは困難である。本研究では、河川上流域に生息する底生無脊椎動物群集において、取り扱う対象を大型個体のみから小型個体を含めたものへと広げた場合、その個体数と生物量の増加の法則を明らかにすることを目的とした。調査は2015年の秋から2016年の夏にかけて高知県を流れる仁淀川と鏡川で行なった。単位面積当たりの底生無脊椎動物群集について、個体数ではカゲロウ目のコカゲロウ科とヒラタカゲロウ科が多く、生物量では季節と河川によって優占する分類群が異なった。底生無脊椎動物群集（サワガニを除く）のうち体長5 mm以上の個体が占める割合は、個体数では最大でも3割程度であるが、生物量では常に7割以上を占めていた。底生無脊椎動物群集を体長5 mm以上の個体から小さな個体へと体長区分1 mmごとに累積した場合の増加率については、個体数では直線的に増加し、生物量では飽和型の増加を示した。

キーワード：水生昆虫、体長、個体数、生物量

河川の底生無脊椎動物群集は、体長が小さい個体ほどその数が多い傾向が報告されている（山中ほか2016, Schmid *et al.* 2000）。底生無脊椎動物群集の定量採集では、採集網の目合を細かくするほど小型の個体が大量に採集され、試料の処理にかかる時間と労力は軽視しがたいため、調査の目的に応じて許容される限度で粗い目の網を用いる方法が提唱されている（田中1967, Hauer and Resh 1996）。これまでのところ、小型の個体を採集することなく底生無脊椎動物群集の個体数や生物量を可能な限り正確に推定することは難しい。本研究では、比較的大型個体である体長5 mm以上の底生無脊椎動物のみを採集することによって、対象河川の底生無脊椎動物群集の個体数と生物量を見積もる推定式を求めることを目的とした。

山中ほか（2016）では、夏季の仁淀川と四万十川の上流域において、底生無脊椎動物群集を大型個体から小型個体へと体長区分を累積した場合、個体数

は直線的に増加し、生物量の増加は飽和型となる傾向があることを明らかにした。大型個体のみから小型個体を含めたものへと、底生無脊椎動物群集の対象個体を広げた場合の個体数と生物量の増加の法則が明らかになれば、比較的大型個体のみを対象とした定量調査から、群集の個体数と生物量を簡便に推定することができる。本研究では高知県を流れる仁淀川と鏡川を対象として、体長5 mm以上の個体数と生物量に対して、体長1 mmごとに小型の底生無脊椎動物を累積したときの個体数と生物量の増加率をそれぞれ求めた。仁淀川は愛媛県の石鎚山に源を発し、土佐湾に注ぐ流路延長124 km、流域面積1560 km<sup>2</sup>の一級河川であり、その上流域の底生動物相に関しては井上ほか（2015）に詳しい。鏡川は高知県の土佐山に源を発し、浦戸湾に流入する流路延長31 km、流域面積170 km<sup>2</sup>の二級河川であり、その上流域の底生動物相に関しては大西・加藤（2013）に詳しい。

## 材料と方法

**調査地とその環境** 2015年10月から2016年8月にかけて、仁淀川支流の土居（どい）川（緯度N33°36'31.25"、経度E133°10'23.41"、標高143 m）と鏡川支流の

2017年2月4日受領；2017年2月23日受理

1) 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

2) 高知大学黒潮圏科学部門

〒780-8520 高知市曙町2-5-1

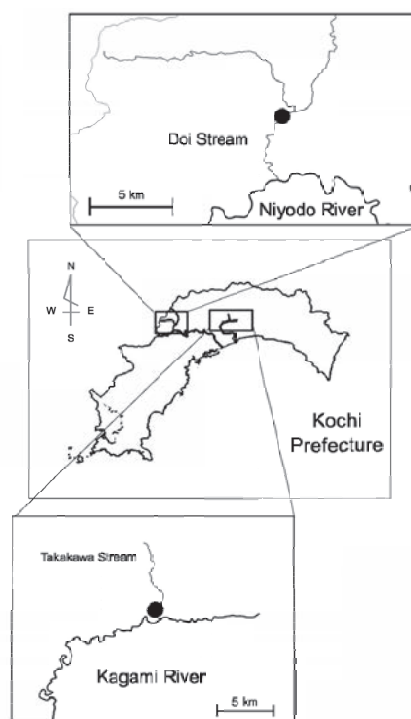
\* 連絡責任者 e-mail address : genkai@kochi-u.ac.jp

高川（たかかわ）川（N33°38'31.83", E133°31'44.96", 219 m）において、各季節に同一の日の中に調査を行なった（Fig. 1）。各季節の調査は、秋は2015年10月6日、冬は2016年1月22日、春は2016年4月12日、夏は2016年8月9日に行なった。河川の物理環境を調べるため、各調査地点の川幅、水深、および流速を測定した。川幅は巻尺で測定した。水深は川岸から対岸に向かって測定を行ない、測定間隔は各河川の川幅から高川では1 mごとに、土居川では2 m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。川幅、水深、および流速の測定結果から、流量（L/s）を求めた（加藤 2014）。なお、仁淀川の流量が多かった季節（2016年1月22日と2016年4月12日）には、安全を考慮して河川測量を行なわなかった。

河川の化学的環境として、水温と水質を測定した。水温測定には棒温度計を用いた。水質の指標として、pH、硝酸態窒素（NO<sub>3</sub>-N）、リン酸態リン（PO<sub>4</sub>-P）について簡易水質測定キット（パックテスト、共立理化学研究所）を用いて測定した。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）の方法に従い行なった。

**底生無脊椎動物** 底生無脊椎動物は水深30 cm以下の瀬でサーバーネット（25 cm × 25 cm、網目475 μm：No. 5514、離合社）を用いて、川の流れを利用して石ごと採集した。サーバーネットで採集された底生無脊椎動物は、砂利や礫、木片などの有機物ごとすべてプラスチック製容器に入れ（ただし、大きな石は表面を河川水でよく洗ってから除外した）、70%エタノールで固定した。採集は各調査地点で3回繰り返し、3回分を合わせて集計し、最終的には底生生物の密度を単位面積当たりの値（m<sup>-2</sup>）として求めた。

採集した底生無脊椎動物を含む試料は、後日室内において、底生無脊椎動物とそれ以外のものに仕分けした。底生無脊椎動物は、原色川虫図鑑（丸山・高井 2000）と日本産水生昆虫（河合・谷田 2005）を用いて双眼実体顕微鏡（YC-40RL、Yagami）下で同定した。同定した底生無脊椎動物は目盛りが1 mmの方眼紙の上で体長に関して1 mmごとに分けた。使用したサーバーネットの網目は475 μmであり1



**Fig. 1.** Sampling stations (●) in the Doi and Takakawa Streams. The Doi and Takakawa Streams are tributaries of the Niyodo and Kagami Rivers, respectively..

mm未満の個体が網目をすり抜けている可能性があることから、本研究では体長1 mm未満の個体は扱わなかった。体長が5 mm以上だった個体については、個体ごとに電子ノギス（Digimatic Caliper、Mitutoyo）を用いて体長を0.01 mm単位で測定した。生物量は、60℃で24時間乾燥させたのち、電子天秤（AX224、Sartorius：秤量220 g、最小表示0.1 mg）を用いて測定し、乾燥重量として求めた。河川の底生無脊椎動物の乾燥重量の場合、1個体では重量を測定できないことが多いため、分類単位の日ごとに、以下のような手順で各体長区分に属する個体をまとめて測定した。始めに体長5 mm以上の個体を集めて重量を測定し、次に体長4 mm以上5 mm未満（4 - 5 mmと表す）の個体を乗せて全重量を測定し（つまり、体長4 mm以上の個体の重量、≥ 4 mmと表す）、以降同様に1 mmの体長区分ごとに小さな個体を順に累積して重量を求めた。サワガニ（甲殻綱十脚目サワガニ科）は河川に生息する他の底生無脊椎動物に比べて、1個体あたりの重量が著しく大きいことから、本研究の解析では底生無脊椎動物群集からサワガニを除外した。なお、サワガニの個体数と生物量については個別に記載した。

体長区分 5 mm以上の底生無脊椎動物の生物量に対する、体長区分 4 mm以上や 3 mm以上の生物量の相対的な増加率を以下のように推定した。体長区分  $i$  mm以上の生物量を  $w(i)$  と定義すると、体長区分 5 mm以上に対する体長区分  $i$  mm以上の生物量の相対的な比 ( $y$ ) は  $y = w(i)/w(5)$  と表すことができる。また、 $x = (5 - i) + 1 = 6 - i$  と定義する（つまり、体長区分  $\geq 5$  mmは  $x = 1$ 、 $\geq 4$  mmは  $x = 2$ 、 $\geq 3$  mmは  $x = 3$ 、 $\geq 2$  mmは  $x = 4$ 、 $\geq 1$  mmは  $x = 5$ ）。体長区分 5 mm以上に対する相対的な増加率をみるため、次のような累乗近似曲線を用いて  $x$  と  $y$  の関係を求めた。

$$y = x^a \quad (1)$$

式 (1) において、べき指数  $a$  が 1 に近い値をとる場合は線形的な増加、1 より大きな値をとる場合は加速度的な増加、1 より小さな正の値をとる場合は飽和型の増加を示す。体長 5 mm以上の生物量  $w(5)$  から、体長 1 mm以上 ( $x = 5$ ) の生物量  $w(1)$  を求める式は次のようになる。

$$w(1) = w(5) \cdot 5^a \quad (2)$$

なお、個体数についても同様に推定した ( $w(i)$  を体長区分  $i$  mm以上の個体数などと読み換える)。

## 結果

土居川と高川川の河川環境を Table 1 に示す。なお、水質に関しては両河川とも、pH は 6.5–7.0、硝酸態窒素とリン酸態リンはそれぞれ測定限界値の 0.2 と 0.02 mg/L 以下であった。底生無脊椎動物群集（サワガニを除く）のうち体長 5 mm以上の個体が占める割合は、個体数では最大でも 3 割程度であるが、生物量では常に 7 割以上を占めていた。十脚目 (Decapoda) のサワガニ科 (Potamidae) は、採集された場合、個体数で見ると他の無脊椎動物群集の 1 % 程度に過ぎないが、生物量で見ると他の無脊椎動物群集の 0.26–21 倍の重さであった。

河床面積 1 m<sup>2</sup> 当たりの底生無脊椎動物の総個体数は、両河川とも夏と冬に多い傾向にあった (Table 2)。すべての季節で個体数が多かった分類群 (科) はカゲロウ目 (Ephemeroptera) のコカゲロウ科 (Baetidae) とヒラタカゲロウ科 (Heptageniidae) であった。両河川とも双翅目 (Diptera) のユスリカ科 (Chironomidae) の個体数が冬に著しく多かった。土居川のみでみられたものはノドビル目 (Pharyngobdellida)、甲虫目 (Coleoptera) のダルマガムシ科 (Hydraenidae) とヒラタドロムシ科 (Psephenidae)、カワゲラ目 (Plecoptera) のホソカワゲラ科 (Leuctridae) とシタカワゲラ科

**Table 1.** Environmental characteristics, density and biomass of the benthic invertebrate communities and freshwater crabs in the Doi and Takakawa Streams. Asterisks (\*) indicate values excluding freshwater crabs.

	Doi Stream				Takakawa Stream			
	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter
Environments								
Stream width (m)		22.2	26		7	6.7	9	5
Discharge (m <sup>3</sup> /s)		3.01	5.24		1.22	0.28	0.81	0.25
Water temperature (°C)	12.0	26.9	16.5	7.0	12.0	21.8	15.2	7.0
Chlorophyll <i>a</i> (mg/m <sup>2</sup> )	17.6	18.0	16.6	15.0	29.1	6.9	4.2	30.2
Individual number								
Number of individuals (ind/m <sup>2</sup> )*	4944	6763	1371	5771	1845	2325	1824	2496
Proportion of individuals $\geq$ 5 mm to the benthic invertebrate community (%)*	19	14	9	22	22	16	9	32
Freshwater crabs (ind/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	21	16	27	0
Biomass								
Dry weight (g/m <sup>2</sup> )*	2.51	1.89	0.37	1.08	2.76	2.42	0.19	1.14
Proportion of individuals $\geq$ 5 mm to the benthic invertebrate community (%)*	90	84	83	75	96	95	74	91
Freshwater crabs (g/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	1.08	0.64	4.06	0

底生無脊椎動物群集の体長と個体数及び生物量

**Table 2.** Density of the benthic invertebrate communities (ind/m<sup>2</sup>) in the Doi and Takakawa Streams..

Taxa	Doi Stream				Takakawa Stream			
	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter
昆虫綱 (Insecta)								
カゲロウ目 (Ephemeroptera)								
トビイロカゲロウ科 (Leptophlebiidae)	48	85		235	5	5		
モンカゲロウ科 (Ephemeridae)	5	11				5	11	
ヒメシロカゲロウ科 (Caenidae)							5	
マダラカゲロウ科 (Ephemerellidae)	539	672	75	352	309	59	112	53
コカゲロウ科 (Bactidae)	800	2672	555	1173	523	389	373	315
ヒラタカゲロウ科 (Heptageniidae)	720	1552	283	549	464	939	459	373
カワゲラ目 (Plecoptera)								
アミメカワゲラ科 (Perlodidae)	53			48	16	69	16	11
カワゲラ科 (Perlidae)	123	224	96	27	48	235	96	144
ミドリカワゲラ科 (Chloroperlidae)	37		16	123	11	5	43	53
シタカワゲラ科 (Taeniopterygidae)				16				
オナシカワゲラ科 (Nemouridae)	5	5		48	5	5	11	11
ホソカワゲラ科 (Leuctridae)				16				
ヘビトンボ目 (Megaloptera)								
ヘビトンボ科 (Corydalidae)		5			5	37	11	
トビケラ目 (Trichoptera)								
ナガレトビケラ科 (Rhyacophilidae)	37	43	5	64			16	37
カワリナガレトビケラ科 (Hydrobiosidae)	5			5	11	21	16	64
ヤマトビケラ科 (Glossosomatidae)	16		11	5	37	149	224	5
ヒゲナガカワトビケラ科 (Stenopsychidae)	27	91		11		11	21	27
カワトビケラ科 (Philopotamidae)		5		5	5			11
クダトビケラ科 (Psychomyiidae)		11				21	11	
イワトビケラ科 (Polycentropodidae)								5
シマトビケラ科 (Hydropsychidae)	533	928	160	107	5	192	80	117
カクツツトビケラ科 (Lepidostomatidae)	5	27	11	11	53	37	48	21
ニンギョウトビケラ科 (Goeridae)						5	11	
ヒゲナガトビケラ科 (Leptoceridae)	11							
鱗翅目 (Lepidoptera)								
ツトガ科 (Crambidae)					5			
甲虫目 (Coleoptera)								
ダルマガムシ科 (Hydraenidae)		5						
マルハナノミ科 (Scirtidae)	187	5	21	59			16	
ヒラタドロムシ科 (Psephenidae)	16	37	5					
ヒメドロムシ科 (Elmidae)	80	53	37		43	21	37	11
双翅目 (Diptera)								
ガガンボ科 (Tipulidae)	112	80	37	165	21	16	21	48
アミカ科 (Blephariceridae)					5			32
ブユ科 (Simuliidae)	651			757	27			5
ユスリカ科 (Chironomidae)	709	192	48	1979	171	64	171	1120
ヌカカ科 (Ceratopogonidae)	11				5			
ナガラエブ科 (Athericidae)					5			
渦虫綱 (Turbellaria)								
ウズムシ目 (Tricladida)							5	11
ヒル型綱 (Hirudinoidea)								
ノドビル目 (Pharyngobdellida)	16			5				
クモ綱 (Arachnida)								
ダニ目 (Acarina)	197	59	11	11	64	37	11	21
Sum	4944	6763	1371	5771	1845	2325	1824	2496

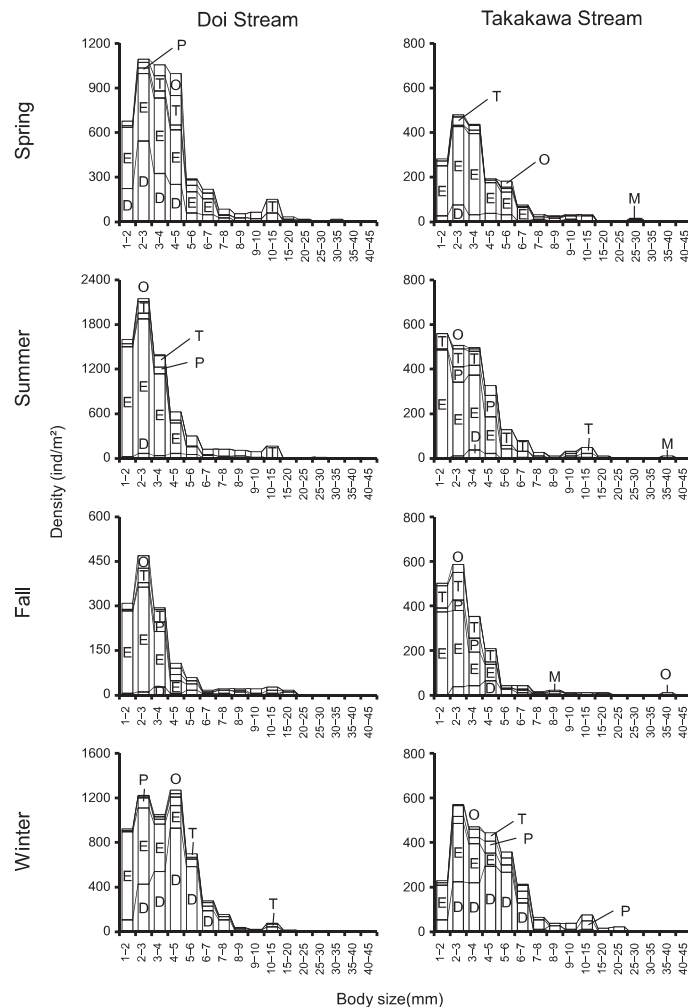


(Taeniopterygidae)、トビケラ目 (Trichoptera) のヒゲナガトビケラ科 (Leptoceridae) であった。一方、高川のみでみられたものは双翅目のナガレアブ科 (Athericidae) とアミカ科 (Blephariceridae)、カゲロウ目のヒメシロカゲロウ科 (Caenidae)、鱗翅目 (Lepidoptera) のツトガ科 (Crambidae)、トビケラ目のニンギョウトビケラ科 (Goeridae) とイワトビケラ科 (Polycentropodidae)、ウズムシ目 (Tricladida) であった。

河床面積 1 m<sup>2</sup>あたりの底生無脊椎動物の総個体数を各体長区分でみると、小さな体長区分ほど個体数が多くなる傾向があったが、両河川とも体長 2 – 3 mm の区分に属する個体が特に多かった (Fig. 2)。夏季には体長が 1 mm から 4 mm の間に属する小型の区分で特に個体数が増加した。ほとんどの体長区分でカゲロウ目が優占していたが、土居川の春季、

および両河川の冬季には、双翅目の優占度が増加した。体長の大きいものから小さいものへと体長区分 1 mm ごとに個体数を累積すると、個体数は両河川とも季節を問わず著しく増加する傾向を示した (Fig. 3)。

体長の大きな個体から小さな個体へと体長区分 1 mm ごとに生物量を累積した場合、生物量の増加は個体数の場合と比較すると緩やかであった (Fig. 4)。両河川に共通する傾向として、生物量は春季が最も多く、次に夏季と冬季に多く、秋季が最も少なかった。生物量に関しては、体長区分 5 mm 以上の個体に強く影響を受けることから、体長 5 mm 以上の個体を除外した底生無脊椎動物群集の累積生物量を Fig. 5 に表す。体長 5 mm 未満の底生無脊椎動物群集においては、カゲロウ目が優占する傾向にあるが、土居川の春季、および両河川の冬季には双翅目の優

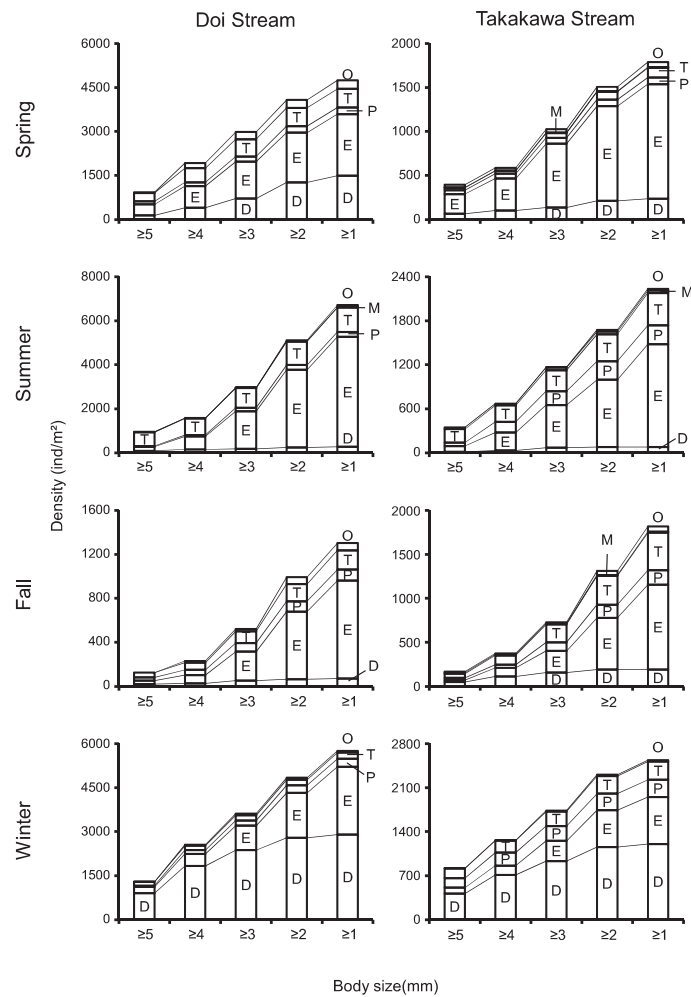


**Fig. 2.** Density of the benthic invertebrates per square meter belonging to each body-size range in the Doi and Takakawa Streams in each season. D: Diptera, E: Ephemeroptera, M: Megaloptera, P: Plecoptera, T: Trichoptera, O: others.

占度が増加した。

底生無脊椎動物群集を体長の大きな個体から小さな個体へと体長区分 1 mm ごとに累積した場合の個体数と生物量の増加の仕方を、式 (1) で近似した結果、個体数については、土居川、高川川、両河川の

平均値ともべき指数  $a$  は年間を通じて 1 前後の値を取った (Table 3)。べき指数  $a$  は、両河川に共通して冬、春、夏、秋の順に大きくなり、全季節を通した両河川の平均値は 1.13 であった。生物量については、べき指数  $a$  は最大でも 0.19 と 1 より小さい値を



**Fig. 3.** Cumulative individual number of the benthic invertebrates per square meter when the fraction of the next smaller 1-mm size range is added to the body-size range in the Doi and Takakawa Streams in each season. D: Diptera, E: Ephemeroptera, M: Megalopectera, P: Plecoptera, T: Trichoptera, O: others.

**Table 3.** Values of exponent ( $a$ ) and coefficient of determination ( $R^2$ ) for the relationships between body size and individual number given in Equation (1).

	Doi Stream		Takakawa Stream		Average	
	$a$	$R^2$	$a$	$R^2$	$a$	$R^2$
Spring	1.047	0.998	0.905	0.960	0.979	0.992
Summer	1.146	0.955	1.125	0.992	1.137	0.977
Fall	1.407	0.959	1.438	0.985	1.423	0.974
Winter	0.942	0.999	0.704	0.992	0.832	0.999
All seasons	1.163	0.984	1.096	0.981	1.130	0.983

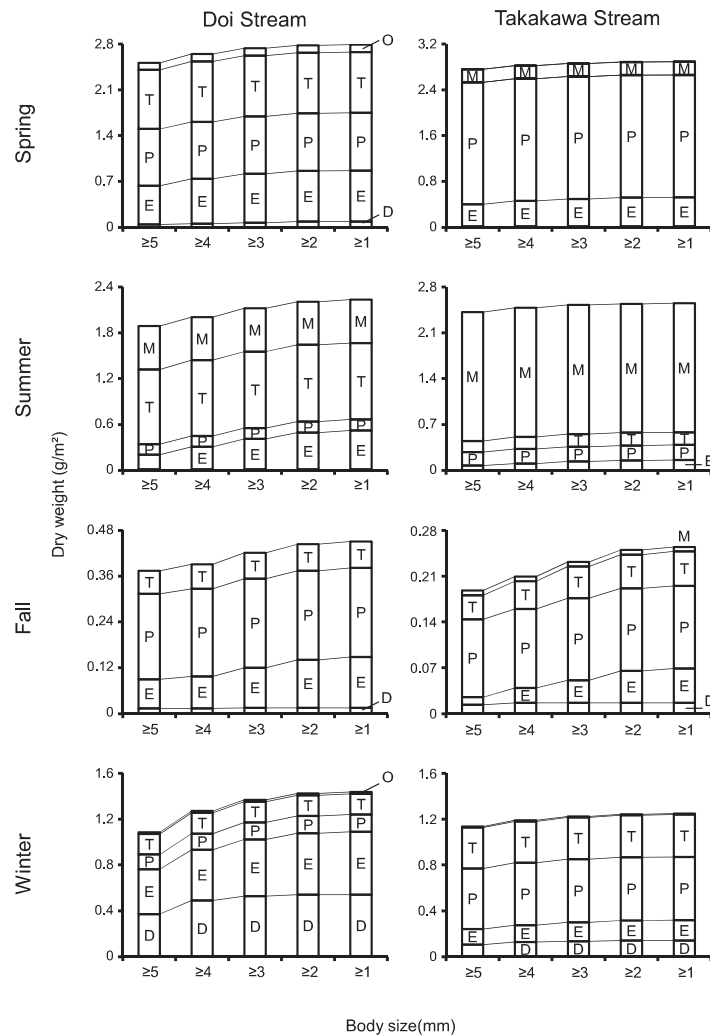
取り、全季節を通した両河川の平均値は0.1であった (Table 4)。また、式 (2) は体長 5 mm以上の個体から体長 1 mm以上の個体の生物量 (もしくは個体数) を推定する式であるが、体長  $j$  mm以上の個体から体長  $i$  mm以上の個体の生物量 (個体数) を推定する

式へと一般化することができる (ただし、 $1 \leq i < j \leq 5$ ):

$$w(i) = w(j) \cdot \left[ \frac{6-i}{6-j} \right] \quad (3)$$

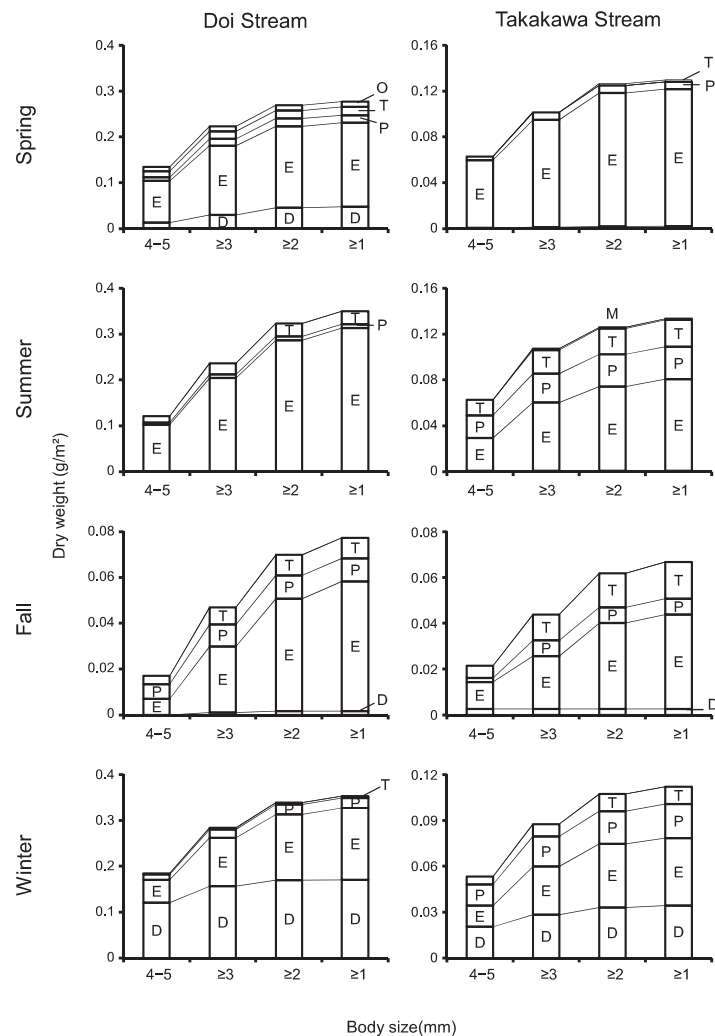
**Table 4.** Values of exponent ( $a$ ) and coefficient of determination ( $R^2$ ) for the relationships between body size and biomass given in Equation (1).

	Doi Stream		Takakawa Stream		Average	
	$a$	$R^2$	$a$	$R^2$	$a$	$R^2$
Spring	0.071	0.979	0.031	0.983	0.051	0.980
Summer	0.108	0.988	0.036	0.983	0.073	0.991
Fall	0.113	0.946	0.192	0.984	0.154	0.973
Winter	0.193	0.966	0.063	0.985	0.131	0.974
All seasons	0.122	0.992	0.083	0.990	0.103	0.992



**Fig. 4.** Cumulative biomass of the benthic invertebrates per square meter in the Doi and Takakawa Streams in each season. D: Diptera, E: Ephemeroptera, M: Megaloptera, P: Plecoptera, T: Trichoptera, O: others.

底生無脊椎動物群集の体長と個体数及び生物量



**Fig. 5.** Cumulative biomass per square meter of the benthic invertebrates excluding individuals greater than or equal to 5 mm in body length in the Doi and Takakawa Streams in each season. D: Diptera, E: Ephemeroptera, M: Megaloptera, P: Plecoptera, T: Trichoptera, O: others.

## 考察

河床面積 1 m<sup>2</sup>当たりの底生無脊椎動物の個体数は、両河川とも夏と冬に高い傾向にあった。しかし、各体長区分でみると夏季には小型個体の個体数が著しく多く、冬季にはより大型の体長区分、とくに双翅目の個体数が増加していた。高知県では、秋は台風や大雨の影響で増水し、河床の攪乱により水生昆虫密度が低くなる傾向がある（加藤ほか 2015）。双翅目の季節的消長については、他の河川でも冬から春に多く、夏から秋に少ない傾向が報告されている（網田・土屋 1977）。

体長と生物量の関係について、体長の大きな個体

から小さな個体へと体長区分 1 mmごとに生物量を累積した場合、両河川とも底生無脊椎動物の総生物量が春季に最も多く、秋季に最も少なくなった。一般に、水生昆虫の生物量は冬季から春季にかけて多い（牧 1980）。通年で一定の割合を占めたカゲロウ科やカワゲラ科については、多くの種が春から夏にかけて羽化することが知られている（大串 2004）。体長 5 mm以上の個体の割合は、通年で生物量の7割以上を占めており、とくに春には両河川とも9割以上を占めていた。体長 5 mm未満の底生無脊椎動物群集の生物量は、通年でカゲロウ目が優占する傾向にあるが、冬季には双翅目の優占度が増加し、個体数における優占傾向を反映している。



底生無脊椎動物群集を体長5 mm以上の個体から小さな個体へと体長区分1 mmごとに累積した場合の増加率については、個体数ではべき指数 $a$ の値は年間を通じて1前後の値をとったことから、直線的に増加する傾向を示している。生物量については、べき指数 $a$ の値は通年で1未満であったことから、生物量の増加は飽和型であることを示している。生物量を累積したときに飽和型の増加となったのは、1個体当たりの生物量は体長の減少とともに指数的に減少することが要因となっている（山中ほか2016）。

べき指数 $a$ の季節変動は、個体数に関しては両河川に共通した変動がみられたが、生物量については共通した傾向はみられなかった。個体数に関するべき指数 $a$ が夏や秋に大きな値を取ったのは、春や冬には大型の個体が多かったのに比べて、夏や秋には体長が大きな個体が羽化して小型の個体が大型の個体に対して相対的に多くなっていたことが要因と考えられる。べき指数 $a$ は、季節的にも河川間でも変動していたことから、個体数や生物量の概数を求める際には全季節を通した両河川の平均値を用いるのが妥当であろう。応用例として、Tables 3と4からは、底生無脊椎動物群集の個体数や生物量を推定することができる。例えば、体長5 mm以上の無脊椎動物の生物量が2.91 gであった場合、Table 4の $a$ 値（全季節の両河川平均）と式(2)より、体長1 mm以上の生物量は $2.91 \times 5^{0.1} = 3.42$  gと推定することができる。

## 謝辞

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。本研究の一部はJSPS科研費(24770023、代表加藤元海)の助成を受けたものです。

## 引用文献

- 網田健次郎・土屋保. 1977. 県内河川における水質及び水生昆虫の季節変化. 新潟県内水面水産試験場調査研究報告 5: 41-46.
- Hauser F. R. and Resh V. H. 1996. Benthic macroinvertebrates. In: Hauser F. R. and Lamberti G. A. (eds.) *Methods in stream ecology*. Academic Press, San Diego, pp. 339-369.
- 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動物. 黒潮圏科学 8: 118-125.
- 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, 東京 pp. 35-38.
- 加藤元海・見並由梨・井上光也. 2015. 水生昆虫食：河川底生動物の食料としての可能性. 日本生態学会誌 65: 77-85.
- 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, 神奈川.
- 牧岩男. 1980. 和歌山県日置川における中・下流域の大型底生動物群集－1. 河床型、地域及び季節間の比較. 水文・水資源学会誌 18: 521-530.
- 丸山博紀・高井幹夫. 2000. 原色川虫図鑑. 全国農村教育協会, 東京.
- 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, 東京 pp. 51-53.
- 大串龍一. 2004. 水生昆虫の世界：淡水と陸上をつなぐ生命. 東海大学出版会, 神奈川.
- 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.
- Schmid P.E., Tokeshi M., and Schmid-Araya M.S. 2000. Relation between population density and body size in stream communities. *Science* 289: 1557-1560.
- 田中光. 1967. 採集網の目合の差異による水生昆虫試料の組成の変化について. 淡水区水産研究報告 17: 1-6.
- 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.

**Individual number and biomass of benthic invertebrate communities in streams with special reference to body size range**

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

<sup>1)</sup> Graduate School of Integrated Arts and Sciences,  
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**

Quantitative samplings of benthic invertebrates in streams usually take a great deal of effort and time, due to sorting and identification of small individuals. The aim of this study is to find the patterns of increase in the cumulative individual number and biomass per unit area

when individuals of smaller size classes are taken into consideration. Qualitative samplings were conducted at two upstream sites of the Niyodo and Kagami Rivers, Kochi Prefecture, western Japan, in October 2015 to August 2016. The benthic invertebrate community was dominated by the Baetidae and Heptageniidae (order Ephemeroptera) in individual number, whereas the dominant taxa in biomass differed between seasons and sites. The number of individuals with body length greater than 5 mm accounted for at most 30% of the whole invertebrate community. In contrast, the biomass of individuals with body length greater than 5 mm accounted for at least 70% of the whole invertebrate community indicate values excluding freshwater crabs. The cumulative number of individuals when smaller size classes of 1-mm intervals were included into the size class of individuals with body length greater than 5 mm was shown to increase linearly. In an analogous way, the cumulative biomass was shown to increase in a saturating manner.

**Key words:** Aquatic insect, body size, individual number, biomass.