

東京都秋川におけるアカザとカジカの食性

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者名	小川, 拓 片野, 修 横田, 賢史 Strussmann, C.A.
発行元	日本水産學會
巻/号	81巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 438-446
発行年月	2015年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



東京都秋川におけるアカザとカジカの食性

小川 拓,^{1a*} 片野 修,² 横田賢史,¹ Carlos Augusto Strussmann¹

(2014年7月28日受付, 2015年1月24日受理)

¹東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科, ²国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所Diet of torrent catfish *Liobagrus reini* and fluvial sculpin *Cottus pollux* in the Aki River,
Tokyo MetropolisHIROMU OGAWA,^{1a*} OSAMU KATANO,² MASASHI YOKOTA¹
AND CARLOS AUGUSTO STRUSSMANN¹¹Graduate School of Marine Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology,
Minato, Tokyo 108-8477, ²National Research Institute of Aquaculture, Ueda, Nagano 386-0031, Japan

We investigated the diet of two benthic species, the torrent catfish *Liobagrus reini* and the fluvial sculpin *Cottus pollux* (large-egg type), from May 2013 to January 2014 in the Aki River, Tokyo, Japan. The diet was analyzed by volume of ingested prey animals and index of relative importance (IRI). Both species mainly preyed on Ephemeroptera, Trichoptera and Diptera. The catfish preyed on ephemeropteran nymphs selectively throughout the year, whereas the sculpin did not prey on it selectively in winter. The differences between the two species might result from different foraging tactics but their diets overlapped greatly in about half of the months examined. This fact suggests the potential for competition for food resources between them when benthic invertebrates are not abundant.

キーワード：アカザ, カジカ大卵型, 季節的变化, 国内外来種, 食性, 餌料選択性

アカザ *Liobagrus reini* は, ナマズ目アカザ科に属する淡水魚で日本の固有種である。秋田県以南の本州, 四国, 九州の河川上中流域の転石帯に生息しているが, その分布は断続的である。¹⁾ アカザの生息個体数は近年極めて減少しており, 環境省のレッドデータブックでは絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。²⁾ その保全にあたっては, 食性や生息場所についての詳しい情報が不可欠である。

東京都を流れる多摩川においては, 在来の底生魚としてカジカ大卵型 *Cottus pollux* (以下カジカとする) が生息している (糸井, 未発表)。カジカはカサゴ目カジカ科に属する底生の淡水魚で日本の本州, 四国, 九州の河川上中流域に生息する。¹⁾ 各地で生息数の減少が報告されており, 多くの自治体で絶滅危惧種に指定されている。一方, アカザは多摩川には元来生息していなかったが近年生息することが報告された。³⁾ 移入経緯は明らかでないが, アカザは本河川において「国内外来種」であ

る。東京都をはじめとする多くの地方自治体では, 国内外来種防除に対する条例が施行され始めたが, それら条例の多くは, 「在来種や有用種へ影響のある生物」を規制するものである。しかし, 国内外来種が移入先で実際に在来種に影響を与えているか否かについては明らかでなく, 調査が必要な現状にある。

アカザは主に夜間に水生昆虫を摂食する。¹⁾ 片野ら⁴⁾ はアカザの胃内容物を報告しているが, 6, 7月に採捕された10個体の食性を報告したにすぎず, 餌料の選択性など詳細な解析はなされていない。一方カジカの食性については, 多くの調査がこれまでになされ, 主に夜間に摂餌を行うことがわかっている。⁵⁾ 三重県の平倉川では, カジカの稚魚がカゲロウ目幼虫を多く摂食し, 成魚が夏と秋にカゲロウ目幼虫, 冬にトビケラ目幼虫を主要な餌として摂食することが明らかにされている。生息する水生昆虫相の季節変化に応じて, カジカの餌選択性も季節的に変化すると考えられている。⁶⁾ また, 千曲川水

* Tel : 81-268-22-1450. Fax : 81-268-22-0544. Email : hiromu0725@fra.affrc.go.jp

^a 現所属 : 水産総合研究センター増養殖研究所 (Komaki 1088, Ueda, Nagano 386-0031, Japan)

系支流のカジカでは、カゲロウ目のコカゲロウ科、マダラカゲロウ科、双翅目ユスリカ科の幼虫を選択的に捕食することから、そのニッチ幅が狭いことが指摘されている。⁷⁾ 吉野川のカジカでは、餌生物の現存量に応じてその選択性が変化することが明らかにされている。⁸⁾

アカザとカジカは底生無脊椎動物を河床近くで捕食する点で、類似した生態的地位を占めると考えられる。したがって、アカザの食性をカジカとともに調査することは、アカザが在来種に与える影響やアカザ及びカジカの保全策を考察する上で重要であると考えられる。

本研究では、両種の食性の基礎的知見を得て種間関係の基盤を明らかにすることを目的として、多摩川水系秋川において、底生無脊椎動物の現存量を調査した上で、アカザとカジカの食性及び主要な餌生物の選択性について5月から翌年1月にかけて調査したので、その結果を報告する。

材料と方法

調査場所と期間 東京湾に注ぐ多摩川の1支流である秋川を調査河川とした。秋川は流路延長 37.6 km、流域面積 169.6 km² の一級河川で多摩川の支流の中でも最大である。調査は本流との合流部からおよそ 2-7 km 上流の区間で行い、その河川形態は可児の分類によると Bb 型に相当し、周囲を民家や公園などに囲まれてい

る。⁹⁾ 調査区の川幅は 5-20 m、水深は最大で 80 cm、流速は 0.1-1.5 m/s で、河床の大部分は転石によって占められ、流れはいくつかの堰によって分断されていた。水温は 1 月に最低の 1°C、8 月に最高の 22°C を記録した。調査場所として約 100 m の調査区を 4 か所設置し下流からセクション 1-4 と名付けた (Fig. 1)。また、調査区の間には堰を挟むようにした。

調査は 2013 年 5 月 24-26 日、6 月 19, 20, 30 日、7 月 22, 23 日、8 月 22 日、9 月 19, 23 日、11 月 9, 12 日、11 月 25, 26 日、12 月 16, 24 日及び 2014 年 1 月 20, 21 日に行った。10 月には、台風による増水の影響で調査が行えなかったため、11 月に前半と後半で計 2 回行うことによって対応した。1 回の調査時間は 1 セクションにつき 2 時間、全セクションで合計 8 時間行った。ただし、調査に協力者がいた場合には、努力量を一定とするために、1 セクションにつき一人当たりの調査時間を合計して 2 時間となるように調整した。

魚類と水生大型無脊椎動物の採捕 調査では、長径 15-50 cm ほどの浮石をひっくり返し、流下した魚類をその下流に置いたタモ網 (幅 30 cm、長さ 26 cm、網目 3 mm、柄の長さ 26 cm) で採捕した。その後、約 10 cc の水をポリエチレン製のスポイト (3 mL) を用いて流入させることによって、胃内容物を吐かせる「吐き出し法」を用いて各個体の胃内容物サンプルを得た。調査を

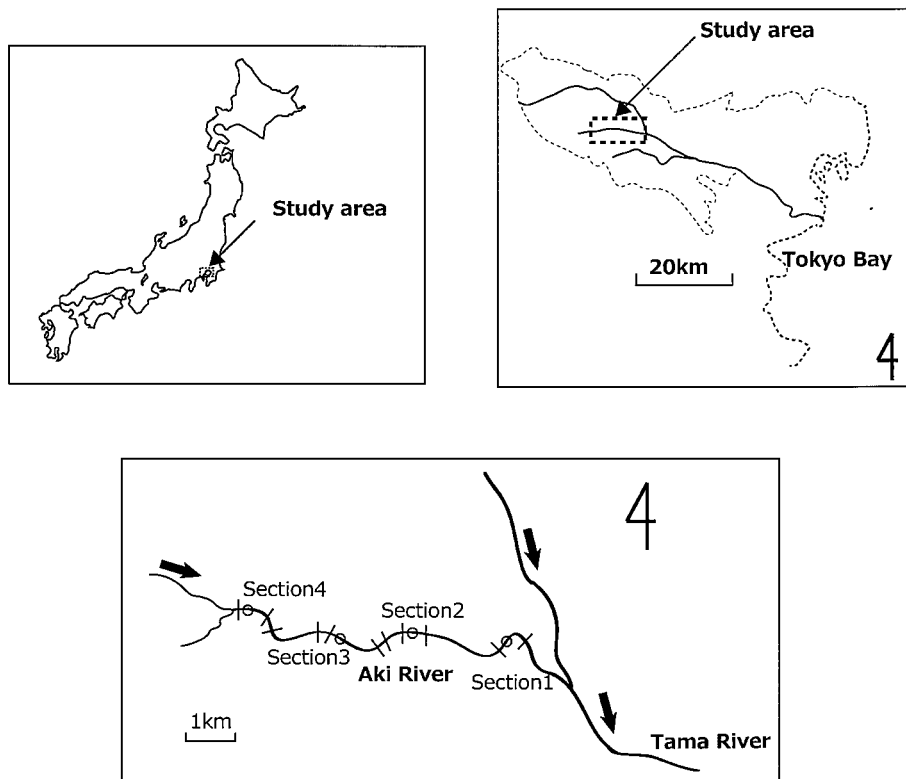


Fig. 1 Map of study area. Arrows, lines and circles in the bottom panel indicate water flow, weirs and study sections, respectively.

始める前に、吐き出し法の有効性を調べた。すなわち、アカザとカジカの3個体ずつについて、胃内容物を吐かせた後に、10%のホルマリン液で固定した胃を取り出し、その中身を確認したところ、全ての個体の胃が空であった。したがって、吐き出し法による胃内容物回収率は、ほぼ100%であると考えられた。採取された胃内容物は100%エタノール液で保存した。これらの操作の後、採捕した魚は採捕場所に放流した。

底生無脊椎動物については離合社製のサーバーネット(網地 NGG40)を用い、無作為に選んだ25 cm×25 cmのコドラートの範囲の転石に付着したものを採集した。サンプリングは各時期に1セクションにつき2地点(合計8地点)で行い、1年を通して72サンプル収集した。サンプリング地点は魚類の採捕場所から5 m以内で行った。底生無脊椎動物は100%エタノール液で保存し、その後、実体顕微鏡下(10倍)でカゲロウ目、トビケラ目、カワゲラ目、双翅目ユスリカ科、双翅目ガガンボ科、双翅目ブユ科、ヒラタドロムシ科、トンボ目、その他に分類した後、総数、総湿重量(0.0001 g)、体積比を計測した。体積比は格子付シャーレにサンプルを広げ、その高さを平均化した上で、対象動物ごとに占有する方形区数を求めることによって算出した。胃内容物サンプルも、底生無脊椎動物と同様に分類、計測した。底生無脊椎動物及び胃内容物の同定は川合・谷田¹⁰⁾に従った。

食性解析 胃内容物の確認されなかった魚は食性の解析から除外した。食性の解析は各餌生物の胃内容物全体に占める体積比を個体ごとに、餌料重要度指数 $IRI^{11)}$ を1回の調査で採捕された全個体のデータをプールして算出し行った。このとき、各パラメータは以下の式を用いて求めた。

$$\text{餌料出現率 } \%F = (\text{ある生物を捕食していた個体数}) / (\text{総個体数} - \text{空胃個体数}) \times 100$$

$$\text{餌料個体数比 } \%N = (\text{ある生物の胃中における個体数}) / (\text{被食生物の総個体数}) \times 100$$

$$\text{餌料重量比 } \%W = (\text{ある生物の胃中での重量}) / (\text{胃内容物の総重量}) \times 100$$

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%F$$

魚種間で食性がどれだけ重複しているかを調べるために、Schoenerの重複度指数 $T^{12)}$ を以下の式を用いて求めた。

$$T = 1 - 0.5(\sum |P_{x_i} - P_{y_i}|)$$

このとき、 P_{x_i} はアカザの胃中における分類群 i の体積比、 P_{y_i} はカジカの胃中における分類群 i の体積比を示す。この指数は食物が完全に一致した場合に1、全く異なる場合に0を示す。本研究では片野ら¹³⁾になら

い、この指数が0.6を超える場合十分に重複しているとみなした。

さらに、各魚種の餌の選択性を調べるために、Chesson¹⁴⁾の選択性指数 α を個体ごとに以下の式を用いて求め、月ごとに集計して解析した。

$$a_i = (r_i/p_i) / \sum (r_i/p_i)$$

このとき、 r_i は胃中における分類群 i の体積比、 p_i は底生無脊椎動物全体に占める分類群 i の体積比を示す。このとき、その他の分類群は体積比が僅かであったため解析から除外した。また、 α_i が $1/N$ (N は潜在的な餌料となる分類群の数)より高い値を示したときに正の選択性をもつと判断した。環境中に出現したが摂餌されなかった餌生物は潜在的な餌料ではないと判断し、 N から除外した。 N は、アカザでは6、カジカでは7であった。選択指数は胃内容物に占める体積比により、アカザとカジカにとって主要な餌生物であると考えられるカゲロウ目、トビケラ目、ユスリカ科、ブユ科幼虫の4分類群について算出した。

統計解析はエクセル統計2012(SSRI社)を用いて行った。底生無脊椎動物の個体数について分散分析を行う際は正規分布に近似させるために、その数値を常用対数を用いて $\text{Log}(x+1)$ 変換した。また、胃内容物の体積比を分散分析するにはその数値を正規分布に近似させるため角変換 ($2 \sin^{-1} \sqrt{x}$) した。胃内容物について魚類と採集月を説明要因とする二元配置の分散分析を行う際には、セクションごとの資料を繰り返しデータとした。分散分析を行った際には、その都度 Tukey-Kramer の対比較を行い、個別にデータを比較した。両魚種の胃内容物から発見されなかったトンボ目に対しては、分散分析を行わなかった。環境中の餌生物の季節変化に応じて魚類が食性を変化させるか否かを調べるために、分類群ごとに環境中の割合と胃内容物中の割合との間で、月ごとに単回帰分析を行った。各魚種の餌選択性を比較するために、月、餌生物ごとに各魚種の摂餌選択指数の平均値について Mann-Whitney の U 検定を行った。

結 果

底生無脊椎動物の現存量 底生無脊椎動物は、9月に最も少なく全調査区で414個体しか採集されなかったが、12月には3042個体採集された。1コドラート(0.0625 m²)あたり51-380個体、湿重量で0.23-0.99 gであった(Fig. 2)。個体数について月を要因とした一元配置の分散分析を行った結果、月間で有意差が認められた($F_{8,27}=7.02, P<0.001$)。対比較を行ったところ、9月の底生無脊椎動物の個体数は他のどの月と比べても、少なかった(Tukey-Kramer test, $P<0.05$)が、その他の月間では有意差は認められなかった。

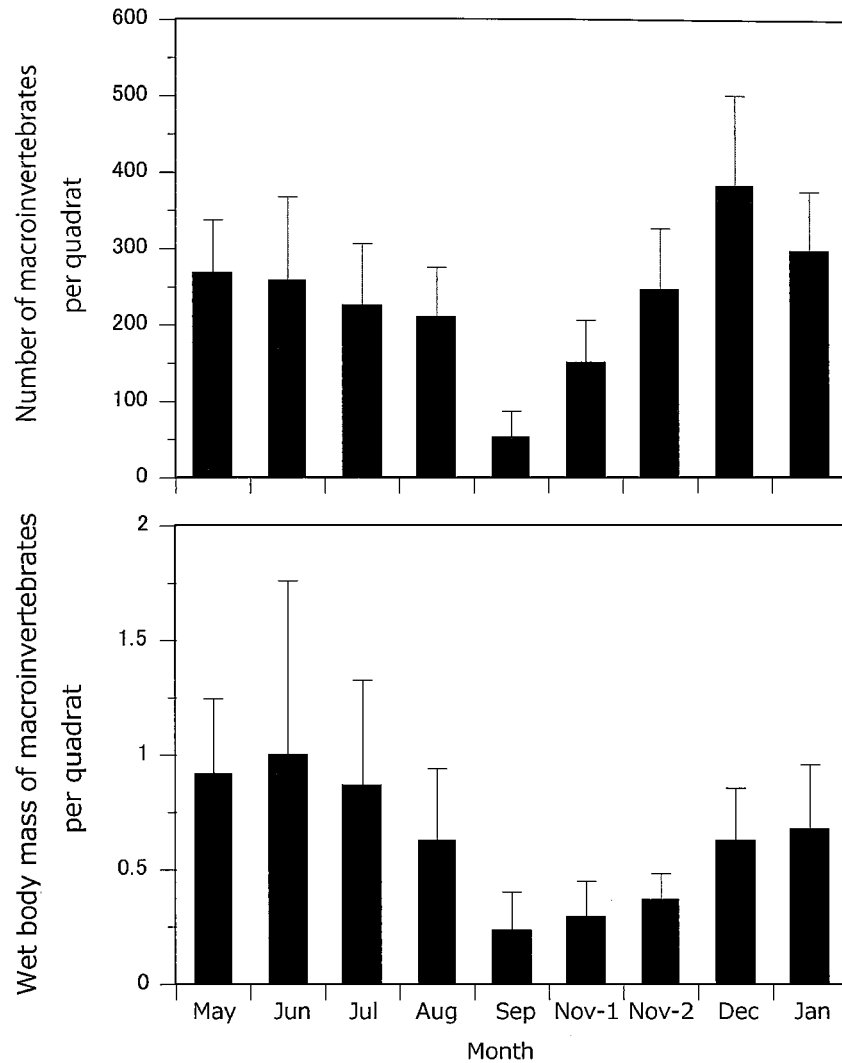


Fig. 2 Number and wet body mass of macroinvertebrates per 0.0625 m² in each sampling month ($n=8$). Vertical bars indicate SEs.

Table 1 Monthly changes in the percentage volume of benthic macroinvertebrates in the Aki River

Benthic invertebrates	Percentage of all macroinvertebrates in the river (mean ± SE)									Total
	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Nov. 1	Nov. 2	Dec.	Jan.	
Ephemeroptera	49.1 ± 12.8	45.1 ± 14.1	46.0 ± 15.0	34.3 ± 13.3	19.9 ± 2.6	21.4 ± 6.8	25.5 ± 14.4	26.9 ± 11.6	38.1 ± 10.0	34.0 ± 15.7
Trichoptera	31.4 ± 9.3	23.4 ± 12.8	32.8 ± 21.8	11.9 ± 11.0	21.8 ± 16.7	8.5 ± 4.2	5.7 ± 2.6	12.6 ± 4.2	16.1 ± 10.0	18.3 ± 14.7
Plecoptera	0.1 ± 0.1	1.3 ± 1.1	3.7 ± 2.6	4.7 ± 0.9	13.6 ± 11.7	11.1 ± 7.2	2.8 ± 2.5	5.6 ± 3.9	3.8 ± 3.1	5.2 ± 6.5
Chironomidae	3.8 ± 1.5	1.8 ± 0.4	0.9 ± 0.8	2.2 ± 1.4	1.3 ± 1.2	3.2 ± 0.9	26.7 ± 20.4	15.6 ± 9.3	12.2 ± 5.2	7.5 ± 11.4
Tipulidae	10.5 ± 4.3	3.8 ± 2.5	3.7 ± 3.1	4.1 ± 3.1	2.7 ± 3.6	13.5 ± 12.7	2.9 ± 2.1	3.2 ± 2.4	4.1 ± 2.5	5.4 ± 6.2
Simuliidae	0.5 ± 0.5	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.5	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.5 ± 0.4	3.3 ± 4.0	13.3 ± 11.5	14.2 ± 14.2	3.6 ± 8.3
Psephenidae	3.1 ± 2.0	5.1 ± 2.2	5.6 ± 2.8	24.7 ± 7.4	35.6 ± 15.3	33.2 ± 18.9	13.6 ± 18.0	7.9 ± 6.8	4.4 ± 5.4	14.8 ± 16.4
Odonata	0.3 ± 0.6	12.4 ± 8.4	5.1 ± 8.8	15.9 ± 9.7	4.9 ± 3.5	4.9 ± 8.5	16.9 ± 26.9	11.7 ± 19.8	5.5 ± 9.5	8.6 ± 13.9
Others	1.2 ± 0.9	6.9 ± 3.4	1.8 ± 2.5	2.2 ± 1.7	—	3.5 ± 1.2	2.5 ± 1.0	3.1 ± 1.3	1.6 ± 1.8	2.5 ± 2.5

—: No invertebrates were sampled.

底生無脊椎動物全体に対して各分類群が占める体積比を Table 1 に示す。年間を通して、カゲロウ目幼虫が最も多く、トビケラ目幼虫が次に多かった。しかし優占種

は時期ごとに変化し、5-8月、12月、1月はカゲロウ目幼虫、9、11月1回目ではヒラタドROMシ科幼虫、11月2回目ではユスリカ科幼虫が優占した。

魚類の採捕結果 年間を通して175個体のアカザと148個体のカジカが採捕された (Table 2)。胃内容物は、アカザでは採捕された175個体中100個体 (空胃率42.9%) から得られ、カジカでは採捕された148個体中114個体 (空胃率23.0%) から得られた。魚類の

採捕中に、調査者から約1-1.5 m離れた地点で調査者の行動とは関係なく、アカザが転石の隙間を縫うように泳ぎ回る行動が3回観察された。

各魚種の食性 胃内容物全体に占める各分類群の体積比と餌料重要度を Tables 3, 4 及び Tables 5, 6 に示し

Table 2 Number of torrent catfish *Liobagrus reini* and fluvial sculpin *Cottus pollux* captured in each section and month

Species	Section	Month									Total
		May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Nov. 1	Nov. 2	Dec.	Jan.	
<i>Liobagrus reini</i>	1	4	7	5	3	12	7	7	8	4	57
	2	1	2	1	0	9	6	10	10	1	40
	3	8	4	6	3	1	3	7	0	1	33
	4	8	6	4	3	10	7	5	0	2	45
	Total	21	19	16	9	32	23	29	18	8	175
<i>Cottus pollux</i>	1	2	1	4	2	2	3	3	4	2	23
	2	3	1	2	4	2	3	0	5	4	24
	3	7	1	4	4	8	12	7	6	5	54
	4	3	3	2	3	6	9	9	7	5	47
	Total	15	6	12	13	18	27	19	22	16	148

Table 3 Monthly changes in the percentage volume of macroinvertebrates present in the stomach contents of torrent catfish *Liobagrus reini*

Prey animals	Percentage of all stomach contents (mean ± SE)									
	May (13)	Jun. (15)	Jul. (4)	Aug. (3)	Sep. (14)	Nov. 1 (14)	Nov. 2 (24)	Dec. (10)	Jan. (3)	Total
Ephemeroptera	45.5 ± 38.2	41.3 ± 34.8	40.7 ± 38.0	97.9 ± 2.9	50.0 ± 40.6	81.6 ± 27.9	47.3 ± 24.6	43.9 ± 33.9	0.0 ± 0.0	50.9 ± 36.5
Trichoptera	48.0 ± 35.6	38.7 ± 38.4	34.3 ± 35.9	—	40.4 ± 41.6	2.3 ± 7.7	0.4 ± 1.6	—	—	19.5 ± 33.3
Plecoptera	0.0 ± 0.4	15.0 ± 31.4	—	—	—	—	1.8 ± 8.6	—	—	2.7 ± 13.9
Chironomidae	0.2 ± 9.7	0.4 ± 0.8	—	—	1.6 ± 3.4	4.8 ± 7.9	36.9 ± 22.0	25.9 ± 32.8	77.8 ± 31.4	14.8 ± 25.0
Tipulidae	4.6 ± 3.2	2.5 ± 4.1	—	2.1 ± 2.9	6.0 ± 13.9	0.7 ± 2.6	2.1 ± 5.0	1.8 ± 5.3	—	2.7 ± 7.4
Simuliidae	0.9 ± 0.0	0.6 ± 1.1	—	—	1.9 ± 5.3	10.5 ± 25.6	11.4 ± 16.7	28.4 ± 39.5	—	7.5 ± 19.8
Psephenidae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Odonata	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Others	0.8 ± 2.7	1.5 ± 5.2	25.0 ± 43.3	—	—	—	—	—	22.2 ± 31.4	2.0 ± 12.1

—: No invertebrates were sampled. Numbers in parentheses represent sample size.

Table 4 Monthly changes in the percentage volume of macroinvertebrates present in the stomach contents of fluvial sculpin *Cottus pollux*

Prey animals	Percentage of all stomach contents (mean ± SE)									
	May (12)	Jun. (5)	Jul. (10)	Aug. (1)	Sep. (8)	Nov. 1 (25)	Nov. 2 (16)	Dec. (21)	Jan. (16)	Total
Ephemeroptera	74.2 ± 35.2	13.0 ± 19.4	64.9 ± 35.1	53.3 ± 0.0	62.0 ± 35.6	30.7 ± 31.8	8.3 ± 22.1	11.7 ± 22.3	13.2 ± 20.0	30.8 ± 36.8
Trichoptera	22.2 ± 30.0	81.3 ± 21.3	33.5 ± 35.1	46.7 ± 0.0	17.1 ± 28.3	8.1 ± 16.4	3.9 ± 9.7	2.8 ± 6.9	7.7 ± 17.6	14.4 ± 26.5
Plecoptera	—	2.1 ± 4.2	—	—	—	8.2 ± 26.3	—	3.0 ± 12.2	0.7 ± 1.7	2.5 ± 13.8
Chironomidae	0.0 ± 0.1	1.2 ± 1.5	0.4 ± 1.2	—	0.5 ± 1.1	16.6 ± 16.1	63.0 ± 35.9	33.8 ± 30.3	19.7 ± 23.3	21.6 ± 30.0
Tipulidae	0.3 ± 0.6	1.7 ± 2.1	1.2 ± 2.7	—	8.0 ± 9.4	9.1 ± 17.1	0.7 ± 1.5	1.8 ± 5.4	0.5 ± 1.9	3.2 ± 9.5
Simuliidae	—	—	—	—	—	16.4 ± 24.0	19.9 ± 28.3	45.7 ± 40.4	56.8 ± 40.1	22.8 ± 34.6
Psephenidae	—	0.7 ± 1.3	—	—	—	6.8 ± 23.4	—	—	1.5 ± 5.9	1.7 ± 11.5
Odonata	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Others	3.3 ± 11.1	—	—	—	12.5 ± 33.1	4.0 ± 19.5	4.2 ± 16.1	1.2 ± 5.3	—	2.9 ± 15.0

—: No invertebrates were sampled. Numbers in parentheses represent sample size.

Table 5 Monthly changes in the *IRI* of macroinvertebrates present in the stomach contents of the torrent catfish *Liobagrus reini*

Prey animals	<i>IRI</i> of all stomach contents									
	May (13)	Jun. (15)	Jul. (4)	Aug. (3)	Sep. (14)	Nov. 1 (14)	Nov. 2 (24)	Dec. (10)	Jan. (3)	Total
Ephemeroptera	7374.6	9877.0	6869.5	19219.9	9702.7	15061.8	3314.3	5491.5	0.0	7922.7
Trichoptera	4054.6	6015.4	4282.8	0.0	3454.3	68.4	1.0	0.0	0.0	1628.2
Plecoptera	0.0	137.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	11.2
Chironomidae	0.5	109.8	0.0	0.0	165.6	673.7	2612.4	3957.6	13289.5	1546.3
Tipulidae	122.5	658.8	0.0	260.0	735.1	8.2	3.4	52.0	0.0	233.9
Simuliidae	0.1	111.7	0.0	0.0	48.6	521.2	2161.2	2784.6	0.0	678.8
Psephenidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Odonata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Others	1.7	79.0	568.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2236.8	16.0

Numbers in parentheses represent sample size.

Table 6 Monthly changes in the *IRI* of macroinvertebrates present in the stomach contents of the fluvial sculpin *Cottus pollux*

Prey animals	<i>IRI</i> of all stomach contents									
	May (12)	Jun. (5)	Jul. (10)	Aug. (1)	Sep. (8)	Nov. 1 (25)	Nov. 2 (16)	Dec. (21)	Jan. (16)	Total
Ephemeroptera	10745.4	1794.2	8435.4	8608.2	8341.8	3091.3	339.4	787.0	806.2	1575.0
Trichoptera	5977.5	15268.0	6355.9	11391.8	3058.7	447.2	137.5	102.9	263.2	1397.2
Plecoptera	0.0	87.3	0.0	0.0	0.0	60.1	0.0	26.0	15.5	14.4
Chironomidae	21.1	217.6	47.9	0.0	136.4	3816.2	14437.6	8213.2	5194.3	5036.2
Tipulidae	191.7	1368.5	427.3	0.0	2192.7	222.5	17.1	72.4	9.6	99.8
Simuliidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3875.6	2424.8	6440.8	10447.3	3067.2
Psephenidae	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0	75.4	0.0	0.0	6.3	4.5
Odonata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Others	11.1	0.0	0.0	0.0	36.9	17.4	4.5	10.9	0.0	4.4

Numbers in parentheses represent sample size.

た。

体積比に着目すると、アカザでは全体を通してカゲロウ目幼虫が最も多く、トビケラ目幼虫が次に多かった。また、この2分類群だけで餌料の7割以上を占めた。採捕地点に生息していた底生無脊椎動物の中で、比較的優占度が高かったヒラタドロムシ科幼虫やトンボ目幼虫は全く摂食されていなかった。月ごとにみると、5~11月1回目ではカゲロウ目幼虫とトビケラ目幼虫の体積比の総和は、胃内容物のほとんどを占めていたが、11~1月はトビケラ目幼虫が著しく減り、11月2回目からは双翅目幼虫（ユスリカ科、ブユ科）が占める割合が多くなった（Table 3）。

カジカでは、年全体ではカゲロウ目幼虫が最も多く、ブユ科幼虫、ユスリカ科幼虫、トビケラ目幼虫が次いで多かった。採捕地点に生息していた底生無脊椎動物のうち、トンボ目幼虫は全く摂食されていなかった。月ごとにみると、5~9月はカゲロウ目幼虫とトビケラ目幼虫が胃内容物の大部分を占めたが、11月以降はそれらの割合は減り、ユスリカ科幼虫、ブユ科幼虫が胃内容物の多くを占めるようになった（Table 4）。

餌料重要度指数に着目すると、アカザでは体積比で表

した場合と同様な結果が得られたが、年全体ではユスリカ科幼虫の *IRI* 値が高くトビケラ目幼虫と同程度であった。月ごとにみた場合、5月に体積比では1番高かったトビケラ目幼虫が *IRI* 値では2番目になるなど、順位逆転がおきているものがあった（Table 5）。

カジカの *IRI* は、年全体ではユスリカ科幼虫で最も高く、ブユ科幼虫が続いた。さらに、カゲロウ目幼虫及びトビケラ目幼虫の値も次いで高かった。また、体積比で見た場合に1番高い割合を示したカゲロウ目幼虫が *IRI* では3番目に、3番目に割合が高かったユスリカ科幼虫が *IRI* では1番高い値を示していた。月ごとに検討してみると、体積比で見た場合と同様の傾向が示された（Table 6）。

アカザとカジカの胃内容物全体に占める各分類群の体積比データを用いて、魚種（アカザとカジカ）と採集月を説明要因とした二元配置の分散分析を行ったところ、アカザとカジカの間で、ブユ科幼虫及びヒラタドロムシ科幼虫の胃内容物に占める体積比に有意差が認められ、カジカがより多くこれらを摂食することが明らかになった（ブユ： $F_{1,54}=4.95, P=0.0003$ ；ヒラタドロムシ： $F_{1,54}=15.30, P=0.0302$ ）。さらに、月間ではトビケラ

目幼虫 ($F_{8,54} = 4.17, P = 0.0006$), ユスリカ科幼虫 ($F_{8,54} = 7.65, P < 0.0001$), ブユ科幼虫 ($F_{8,54} = 8.98, P < 0.0001$) が胃内容物に占める体積比に違いが認められ, 月によって餌として利用される生物が異なることが明らかになった。また, ブユ科幼虫には魚種と月の要因間で交互作用が認められ ($F_{8,54} = 5.07, P = 0.0001$), 魚種によってブユ科幼虫の摂食量の多い時期が異なることが明らかになった。

底生無脊椎動物組成と各魚種の胃内容物組成との相関を調べるために, それぞれの体積比を用いて単回帰分析を行ったところ, アカザでトビケラ目幼虫 ($y = 0.4x + 10.977, r = 0.876, P < 0.01$), カジカでユスリカ科幼虫 ($y = 0.398x + 1.552, r = 0.968, P < 0.001$), 及びブユ科幼虫 ($y = 0.257x - 0.339, r = 0.965, P < 0.001$) について有意な相関が認められた。

アカザとカジカの胃内容物組成が月ごとにどれだけ重複しているか, 各魚種の胃内容物体積比を用いて食性重複度指数 T を算出した結果, 5, 7, 9, 12月において T が 0.6 以上を示した (Fig. 3)。

各魚種の餌選択性 各魚種の主要な餌生物に対する選択性を Fig. 4 に示した。

カゲロウ目幼虫については, アカザは, ほぼ通年で正の選択性を示し, カジカは 5, 7-9 月まで正の選択性を示した。その結果, 11 月 1 回目~12 月における選択性指数はアカザの方がカジカより高い傾向が認められた (Mann-Whitney U -test, 11 月 1 回目, 11 月 2 回目 $P <$

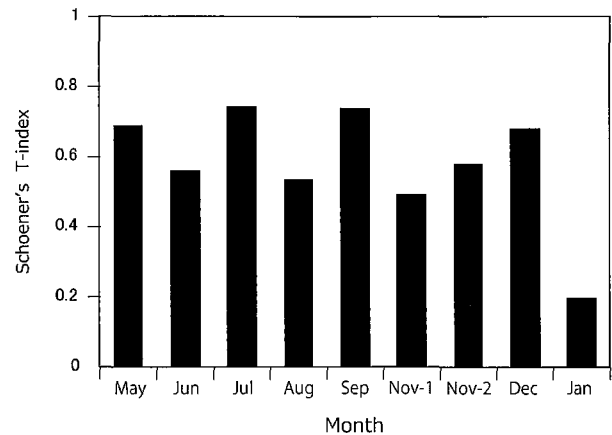


Fig. 3 Dietary overlap (Schoener's T -index) between torrent catfish *Liobagrus reini* and fluvial sculpin *Cottus pollux*.

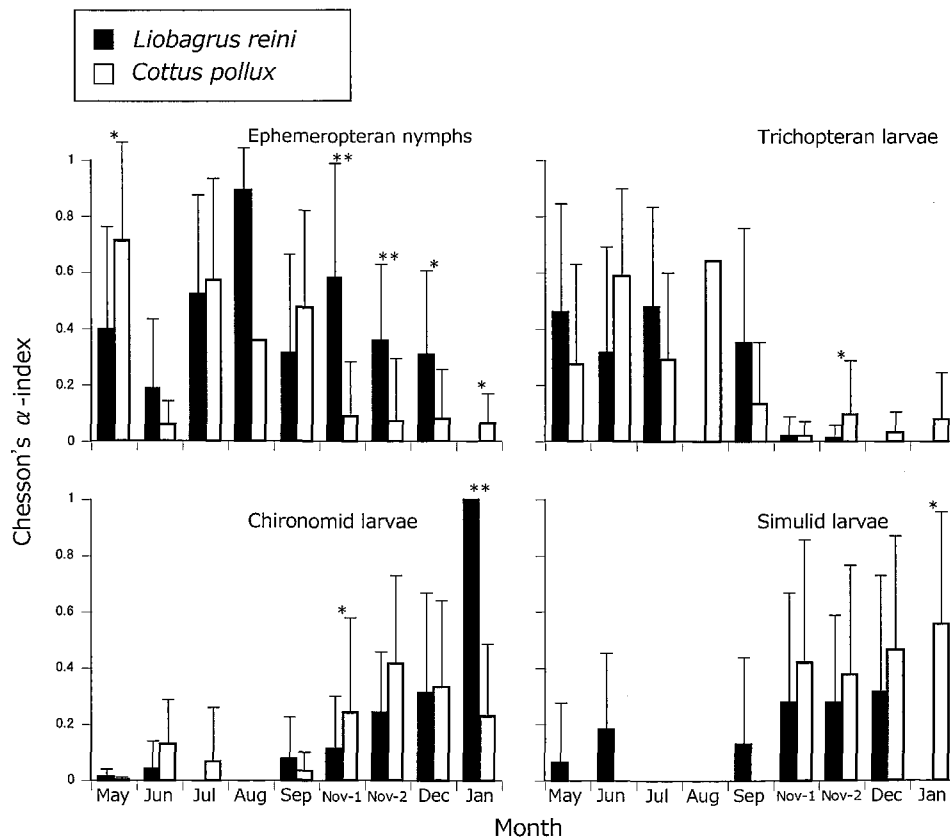


Fig. 4 Prey selectivity (the mean of Chesson's α -index) of torrent catfish *Liobagrus reini* and fluvial sculpin *Cottus pollux* for major food items. The mean values are shown and asterisks represent significant differences between the two species (Mann-Whitney U -test, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$), respectively. Vertical bars indicate SEs.

0.01; 12月 $P < 0.05$)。

トビケラ目幼虫については、アカザは5-7, 9月に正の選択性を示し、カジカは5-8月に正の選択性を示した。

ユスリカ科幼虫については、アカザは11月2回目~1月に正の選択性を示し、カジカは11月1回目~1月に正の選択性を示した。11月1回目における選択性指数についてはカジカの方がアカザより高かった (Mann-Whitney U -test, $P < 0.05$)。また、1月における選択性指数についてはアカザの方がカジカより高かった (Mann-Whitney U -test, $P < 0.01$)。

ブユ科幼虫については、アカザは6, 11月1回目~12月に正の選択性を示し、カジカは11月1回目~1月に正の選択性を示した。選択性指数は1月においてカジカの方が高かった (Mann-Whitney U -test, $P < 0.05$)。

考 察

アカザとカジカの食性には一部で違いが認められた。カゲロウ目幼虫に対してアカザがほぼ通年で正の選択性を示したのに対して、カジカが正の選択性を示したのは、5月から9月までであり、それ以降は環境中には豊富に存在したにもかかわらずカゲロウ目幼虫をあまり利用しなかった。これに対して、カジカは双翅目幼虫に対して、11月1回目の調査以降に強い正の選択性を示した。このことは胃内容物に占める体積比を用いた二元配置の分散分析の結果とも一致し、カジカはアカザよりも特に多くブユ科幼虫を摂食した。

以上のような食性の違いは、両種の摂食戦略や餌生物の生態を反映している可能性がある。カジカの摂食戦略について、Natsumeda¹⁵⁾は待ち伏せ型であると報告している。また、カジカが冬季によく摂食した双翅目幼虫は石や底質の表面部に生息するため、カジカに捕食されやすい。⁷⁾ 一方、アカザについては、川の瀬の石の下や側面に潜み、石の間を伝わるように泳いで大型の水生昆虫などを摂食すると記載されているが、¹⁶⁾ その根拠は明示されていない。しかし、本研究においても調査者に影響されずにアカザが石の間を泳ぐ行動が観察されており、アカザの摂食行動が待ち伏せ型のカジカと異なる可能性はある。

しかし、冬季の餌選択性に違いがある一方で、両種の食性は類似する点が多くあった。両種ともに5-9月まではカゲロウ目やトビケラ目幼虫を多く摂食し、11月以降は環境中に多くなった双翅目幼虫を多く摂食するようになったことや、単回帰分析の結果から、程度の違いはあるものの両種の食性が餌生物組成の季節変化に概ね対応し変化することが明らかになった。さらに食性重複度を考慮すると、調査した月の半数で両者の餌生物は大きく重複しており、その程度は底生無脊椎動物の現存量

が少ない9月において最も大きかった。これらのことは、アカザとカジカの間に食性の競合が生じ、その結果一方の存在が他方の成長や生存に悪影響を及ぼす可能性を示すものである。

本研究では、食性の解析に2通りの方法を用いた。月ごとにみれば方法によって順位の逆転はあるものの、概ね同様の結果が得られた。よって、この2種の食性を解析する際は、簡便である体積比を用いても問題がないと考えられる。

既存の知見同様、⁴⁾ アカザはカゲロウ目幼虫、トビケラ目幼虫を主に摂食していた。しかし、その食性は季節によって一様ではなく、夏場はトビケラ目幼虫、冬場はユスリカ科、ブユ科といった双翅目の幼虫を多く摂食する傾向が認められた。このことは、餌動物の選択性指数にもよく現れており、正の選択性を示す月が11月1回目の調査を境にトビケラ目幼虫から双翅目幼虫に変化していた。

片野ら⁴⁾によって報告されていたアカザによる陸生昆虫の摂食は確認されなかった。いずれの調査でも落下昆虫量を測定していないため、確かなことは不明であるが、河川に落下する昆虫量やそれを利用する他魚種の組成に両調査間で違いがあったのかもしれない。また、片野ら⁴⁾の報告になかった、アカザによるブユ科幼虫の摂食が本研究では確認された。片野ら⁴⁾の調査は夏季の一時期にだけ行われ、その時期にブユ科幼虫は河川でほとんど確認されなかった。また、秋川においても夏季にブユ科幼虫はほとんど見られなかった。これらから本研究と片野ら⁴⁾の報告におけるブユ科幼虫の被食の違いは、季節や河川に生息する水生昆虫組成の違いによるものと推測される。

カジカについては、双翅目幼虫(ユスリカ科、ブユ科)の摂食量が底生無脊椎動物の組成変化と相関しており、またカゲロウ目幼虫が春から初秋にかけて選択的に摂食されていたが、これらの結果は既存の知見とよく一致する。^{6,8)} 先行研究と異なり冬期にトビケラ目幼虫の摂食量が少ないことは、河川環境による底生無脊椎動物の組成の違いを反映していると考えられる。

時期によっては比較的優占度の高かったヒラタドロムシ科幼虫とトンボ目幼虫を、両魚種ともにほとんど利用していなかったのは両種の形態が摂餌に向かないためであると考えられる。ヒラタドロムシ科幼虫は扁平で石の表面に張り付く体の構造であるため捕食しにくい。またトンボ目幼虫のサイズは捕食するには大きすぎることが考えられる。

秋川の底生無脊椎動物は体積比においてカゲロウ目、トビケラ目、ヒラタドロムシ科幼虫が主に優占する群集組成であった。しかし、その組成は季節的に変動し、夏場に多く出現したトビケラ目、ヒラタドロムシ科幼虫は

水温が低下する冬にかけて減少し、代わりにユスリカ科、ブコ科幼虫が増加した。水生昆虫は羽化の時期が種によって異なるため、河川内の幼虫の種組成は季節的に変化する。⁸⁾ 本研究の結果は、個々の水生昆虫の羽化時期の差を反映したと考えられる。また、秋川では、毎年多くのアユが放流されており調査地点でも夏季には盛んにアユ釣りが行われていた。アユは摂餌によって石表面に生息する双翅目幼虫の現存量を減少させる。¹⁷⁾ アユが降下する秋を境に底生無脊椎動物に占める双翅目の割合が増加したことには、アユの影響が消失したことも影響したと推測される。

河床に生息する底生動物は、台風などによる河川の増水によって現存量が減ることがわかっている。¹⁸⁾ このことから、9月において底生無脊椎動物の現存量が著しく減少したのは、9月の調査を行う4日前に台風が来襲し、秋川の水位が平常時より約1.5 m上がったことが原因であると考えられる。

2種間の競争は、同一の生息空間を共有し、同一の時間に同じ餌や場所を必要とする種の間で、必要とする資源が欠乏する場合に生じるものである。¹⁸⁾ しかし、今回の調査では、アカザとカジカの生息場所、資源の充足度、個体の成長を調査しておらず、実際に両種間に競争が生じていたか否かは不明である。今後、両種の生息場所を詳しく調査し、その個体数や餌資源量を操作することにより、その競争の実態を明らかにする研究が必要である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、九州大学大学院生物資源環境科学府附属水産実験所の鬼倉徳雄博士には、アカザについての貴重な情報をご教示いただいた。東京海洋大学海洋科学部集団生物学研究室の方々には調査にあたって協力いただいた。これらの方々に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) 川那部浩哉, 水野信彦. アカザ科. 「日本の淡水魚」(森誠一, 名越 誠 編), 山と溪谷社, 東京, 1998; 410-

- 411.
- 2) 小早川みどり. アカザ. 「改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—汽水・淡水魚類」(環境省編), 自然環境研究センター, 東京, 2003. 16.
- 3) 向井貴彦, 鬼倉徳雄, 淀 太我, 瀬能 宏. 国内外来魚とは何か. 「見えない脅威“国内外来魚”—どう守る地域の生物多様性」(瀬能 宏編), 東海大学出版会, 神奈川, 2013, 3-18.
- 4) 片野 修, 中村智幸, 阿部信一郎. 長野県浦野川におけるアカザの胃内容物. 水産増殖 2006; 54: 225-226.
- 5) Natsumeda T. Year-round local movements of the Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollux* (large egg type), with special reference to the distribution of spawning nests. *Ichthyol. Res.* 1999; 46: 43-48.
- 6) 名越 誠, 村上俊明. 平倉川のカジカ (*Cottus hilgendorfi*) の生息量と食性. 三重大学水産学部研究報告 1980; 7: 29-44.
- 7) Natsumeda T, Tsuruta T, Takeshima H, Iguchi K. Diet and food selectivity of Japanese fluvial sculpin *Cottus pollux* (large-egg type) in the upper regions of the Chikuma River. *Ichthyol. Res.* 2012; 59: 354-364.
- 8) 水野信彦, 御勢久右衛門. 「河川の生態学. 補訂新装版」築地書館, 東京. 1993.
- 9) 可児藤吉. 「溪流性昆虫の生態. 可児藤吉全集全一卷」思索社, 東京. 1971.
- 10) 川合禎次, 谷田一三. 「日本産水生昆虫一科・属・種への検索」東海大学出版会, 神奈川. 2005.
- 11) Pinkas L. Bluefin tuna food habits. *Calif. Fish. Game Fish. Bull.* 1971; 152: 47-63.
- 12) Schoener TW. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology* 1970; 55: 408-418.
- 13) 片野 修, 中村智幸, 山本祥一郎, 阿部信一郎. 長野県浦野川におけるブルーギル幼魚の胃内容物. 水産増殖 2005; 53: 115-119.
- 14) Chesson J. The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models. *Ecology* 1983; 64: 1297-1304.
- 15) Natsumeda T. Estimates of nocturnal home-range size of the adult Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollux* (Pisces: Cottidae) in relation to bottom topography and sampling intervals. *J. Ethol.* 2007; 25: 87-93.
- 16) 宮地傳三郎, 川那部浩哉, 水野信彦. 「原色日本淡水魚類図鑑」保育社, 大阪. 1981.
- 17) 片野 修, 青沼佳方. 依田川におけるアユの丸石上の大型無脊椎動物群集への影響. 中央水研研報 1999; 14: 39-48.
- 18) 片野 修. 「河川中流域の魚類生態学」学報社, 東京. 2014.

東京都秋川におけるアカザとカジカの食性

小川 拡 (海洋大), 片野 修 (水研セ増養殖研),
横田賢史, Carlos Augusto Strussmann (海洋大)

東京都秋川の河床に生息する国内外来種アカザと在来種カジカ大卵型の食性を5月から1月まで調査した。食性は餌動物の体積比と餌料重要度指数 *IRI* により解析した。両種ともに主要な餌として、カゲロウ目、トビケラ目、双翅目の幼虫を利用し、それらを摂食する割合は時期によって異なった。カゲロウ目に対する餌選択性は時期により種間で異なり、これは摂食戦略を反映した結果と考えられた。しかし、食性は両種ともに餌生物組成の季節変化に対応し、月によっては種間で大きく重複することから、餌を巡る競合が生じる可能性が示唆された。

日水誌, 81(3), 438-446 (2015)