

オイカワとウグイの相互作用が互いの成長に及ぼす影響

誌名	日本水産学会誌
ISSN	00215392
巻/号	822
掲載ページ	p. 128-130
発行年月	2016年3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



短 報

オイカワとウグイの相互作用が互いの
成長に及ぼす影響小川 拓,^{1*} 片野 修²(2015年10月30日受付, 2016年1月18日受理,
2016年3月1日J-STAGE 早期公開)¹東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科,²(国研)水産総合研究センター増養殖研究所Effects of pale chub *Zacco platypus* and Japanese dace
Tribolodon hakonensis on the growth of each otherHIROMU OGAWA^{1*} AND OSAMU KATANO²¹Graduate School of Marine Science and Technology, Tokyo
University of Marine Science and Technology, Minato
Tokyo 108-8477, ²National Research Institute of Aquacul-
ture, Ueda, Nagano 386-0031, Japan

キーワード: コイ科魚類, 種間関係, 成長, 取り合い型競争

生物の種間関係のうち競争関係には, 干渉型競争 (interference competition) と取り合い型競争 (exploitative competition) の2種類があることが知られているが, このうち取り合い型競争は2種の生物が同じ餌を摂食し続けることによって相手の成長率, 生存率, 個体密度に影響を与えるものである。¹⁾ 取り合い型競争がもたらす影響を明らかにするためには, 一方の種の個体密度を操作したり, 様々な個体密度で両種の生態を比較したりする実験や観察が必要である。取り合い型競争が生じるかどうかは, 複数の水産資源を管理したり放流したりするうえで極めて重要であるが, 日本の河川に生息する魚類ではアユとコイ科魚類²⁾やサケ科魚類同士の³⁾ 関係を除くと, ほとんど明らかにされていない。

オイカワ *Zacco platypus* とウグイ *Tribolodon hakonensis* は河川中流域に生息する雑食性の魚類であり, 河川の内水面水産業においては漁業権魚種として多くの河川で漁獲され食用に利用されている。^{4,5)} 両種の食性,^{5,6)} 体長組成,⁷⁾ 成長や成熟^{4,5)} については多くの報告があるが, 両種の種間関係には未だに不明な点が多い。そこで本研究では, オイカワとウグイが互いの成長に負の影響を与えるのか否か, 取り合い型競争が生じるのか否かを明らかにするために実験を行った。

実験に用いたオイカワとウグイは長野県上田市の増養殖研究所上田庁舎内にあり, 千曲川とつながる水路において電気ショック (モデル 12B, Smith-Root 社製, 直流, 200 ボルト) を用いて採捕した。

面積が 3.8 m² の実験池を 12 面用意し, その水深は 30 cm に設定した (Fig. 1)。池の一端から井戸水を 2.6 L/min で流入させた。池内には底生藻類と底生無脊椎

動物を定着させ採集するために, 裏側に溝がついた瓦 (25 cm × 25 cm) を 5 個設置し, また水流を作り出すためにポンプ (FP15S, 100 L/min, 鶴見製作所製) を 1 台設置し, 2.0 × 0.4 m の塩化ビニール板を池の両端に半円状に設置することによって流れが円滑になるようにした。また, 魚類の隠れ場所として直径 30 cm, 長さ 60 cm の塩化ビニール管を設置した。流速については, 各池で瓦の中央部の上 3 cm の部分を流速計 (CR-7, コスモ理研社製) によって計測した。各池間で流速の中央値に有意差は認められなかった (Friedmann test, $n = 12$, $p > 0.05$)。底生藻類および底生動物を定着させるために魚類の放流より 14 日前にポンプを作動させた。また, 魚食性の鳥類による実験魚の被食を避けるために, 各実験池には網目 1.5 cm のナイロンネットをかけた。

実験 1 では, ウグイがオイカワに与える影響を, 実験 2 ではオイカワがウグイに与える影響を調べた。実験 1 では, 2014 年 9 月 10 日に, 実験 2 では 2015 年 9 月 10 日に魚類を放流し, 20 日後に実験を終了した。9 月の実験期は両種の繁殖期に当たらず, なおかつ水温が高く摂食行動が盛んであると考えて選択した。実験 1 では, すべての池にオイカワを 5 個体, ウグイを池によって 0-10 個体, 無作為な配置になるようにして放流した。実験 2 では, 実験 1 とはオイカワとウグイの個体数が逆になるように放流した。性については外見から判別ができない個体が多かったので考慮しなかった。

放流前と回収後に標準体長 (0.1 cm) と湿重量 (0.01 g) を計測した。実験に用いた魚類の平均体長 (±SD) と平均体重 (±SD) は, 実験 1 のオイカワでは 9.7 cm (±1.1), 17.1 g (±6.3), ウグイでは 10.1 cm (±1.4), 17.0 g (±7.0), 実験 2 のオイカワでは 9.9 cm (±1.5), 17.6 g (±8.3), ウグイでは 10.4 cm (±1.7), 17.8 g (±8.0) であった。放流時の各池における魚種間で標準体長および湿重量の中央値に有意差は認められなかった (Mann-Whitney U-test, 実験 1: $z = 0.1-0.7$, $p > 0.05$; 実験 2: $z = 0.1-0.7$, $p > 0.05$)。実験期間中には毎日 15 時に各池の水温を計測した。その間の水温は実験 1 では 19.5-24.5°C, 実験 2 では 19.7-24.0°C の範囲にあった。魚類の回収は, ポンプで池の水を抜いた後にタモ網を用いた。回収した魚類は 99.5% エタノール溶液で保存し, 消化管内容物サンプルに供した。

固定した魚類の消化管第一屈曲部までの内容物を実体顕微鏡によって調べた。内容物はカゲロウ目の幼虫, トビケラ目の幼虫, 双翅目ユスリカ科の幼虫, 羽化した水生昆虫の成虫を含む陸生昆虫, 底生藻類に分類した。サンプルは体積法⁸⁾を用いて計測し, その値を池ごとに平均化し記録した。

実験池の餌資源について調べるために落下昆虫, 底生無脊椎動物, 底生藻類のサンプリングを行った。落下昆虫を採集するために実験池間の通路に水で薄めた中性洗

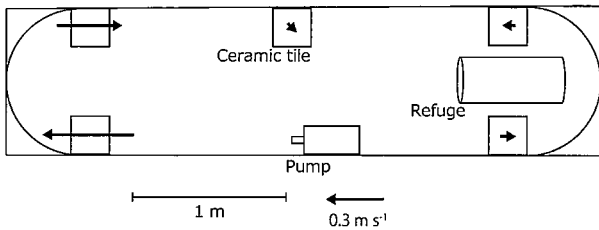


Fig. 1 Experimental pond. Arrow lengths indicate current velocities.

剤（食器用洗剤，イオン）を入れたアルミ製トレー（30×40 cm）を2つ設置し，24時間後に落下した無脊椎動物を採集し，70%エタノール溶液で固定した。この作業を実験1では9月23-24日，25-26日の2回，実験2では9月20-21日，9月21-22日の2回を行った。底生無脊椎動物と底生藻類のサンプリングは魚類の回収1日前に同時に行った。各池の瓦を無作為に3枚選び，その下にネットをあてがって回収した。その後ネットの中，瓦の表面および裏面に付着した底生無脊椎動物をピンセットですべて採集し，70%エタノール溶液で固定した。その後，1枚の瓦につき1か所，瓦表面の藻類を無作為に選んだ5 cm×5 cmの範囲から，ナイロンブラシを用いてこすり落とし，採集した。

魚類の日間成長率を $100(\ln W_2 - \ln W_1) / 20$ ，（ W_1 ， W_2 はそれぞれ放流前と回収時の体重）によって求めた。落下昆虫については，トレーごとに分類群ごとの個体数と合計湿重量を計測した。底生無脊椎動物は，瓦1枚あたりの湿重量と分類群ごとの個体数を計測した。底生藻類の現存量を示す指標としてクロロフィルa量を計測した。試料をガラス繊維ろ紙（Whatman GF/C）を使ってろ過し，その残渣を90%アセトン溶液を用いて，4°Cで24時間抽出した後，分光光度計（UV-1800，島津製作所）で664 nmと665 nmの波長を測定した。

統計解析はStatview, version J. 4.11 (Abacus Concepts, USA)を用いて行った。魚類の成長率，底生無脊椎動物の資源量，底生藻類の現存量と個体数を変えた魚類の個体数の関係を調べるために，Pearsonの相関係数を用いて有意な相関が認められた場合に単回帰分析を行った。オイカワとウグイの食性の類似度を調べるために，Schoenerの重複度指数 T^9 を以下の式を用いて求めた。

$$T = 1 - 0.5(\sum |P_{xi} - P_{yi}|)$$

このとき， P_{xi} はオイカワの消化管内容物中における分類群iの体積比の平均値， P_{yi} はウグイの消化管内容物中における分類群iの体積比の平均値を示す。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¹⁰⁾にならない，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。

実験1では，ウグイの個体数が増加するにしたがって，オイカワの成長率は減少した（単回帰分析， $r = -0.735$ ， $y = -0.027x + 0.328$ ， $p = 0.007$ ；Fig. 2）。また，ウグイの成長率もウグイの個体数が増加するにしたがって減少した（ $r = -0.765$ ， $y = -0.149x + 1.898$ ， $p = 0.001$ ；Fig. 2）。

実験2では，オイカワの個体数が増加するにしたがって，ウグイの成長率は減少した（ $r = -0.650$ ， $y = -0.071x$

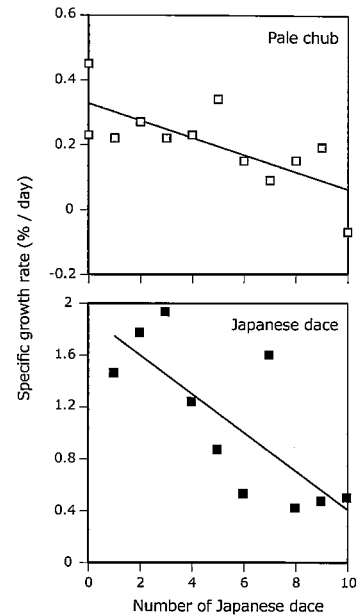


Fig. 2 Relationship between number of Japanese dace *Tribolodon hakonensis* in a pond and specific growth rate of pale chub *Zacco platypus* or Japanese dace in experiment 1. Lines indicate regression lines.

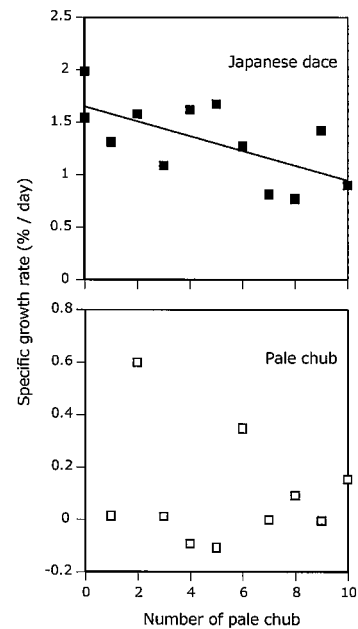


Fig. 3 Relationship between number of pale chub *Zacco platypus* in a pond and specific growth rate of Japanese dace *Tribolodon hakonensis* or pale chub in experiment 2. The line indicates a regression line.

+1.654， $p = 0.022$ ；Fig. 3）。一方，オイカワの成長率はオイカワの個体数と有意に相関しなかった（ $r = -0.153$ ， $p = 0.672$ ）。

オイカワの消化管内容物は（Table 1），カゲロウ目及びトビケラ目幼虫が多くを占めるほか，2014年には陸生昆虫，2015年には底生藻類も多くを占めた。ウグイの消化管内容物は，どちらの年でもユスリカ科幼虫が半

Table 1 Gut contents of pale chub *Zacco platypus* and Japanese dace *Tribolodon hakonensis* and Schoener's *T* index between them

	Species	Gut contents (%)					Schoener's <i>T</i> index
		Eph.	Tri.	Chi.	Ter.	Alg.	
2014	Pale chub	31.7	22.0	15.4	21.0	9.9	0.58
	Japanese dace	11.9	22.3	57.5	6.7	1.7	
2015	Pale chub	25.2	26.2	17.8	4.9	25.1	0.61
	Japanese dace	11.9	22.3	55.3	5.4	3.2	

Eph., ephemeropteran nymph; Tri., trichopteran larvae; Chi., Chironomid larvae; Ter., terrestrial insects; Alg., algae.

分以上を占めた。また、オイカワとウグイの消化管内容物の重複度指数は、2015年には0.6以上の高い値を示した。

1 m²あたりに換算した落下昆虫の湿重量と個体数は、実験1では0.10–0.41 g および 225–1000 個体の範囲に、実験2では0.16–0.30 g および 483–683 個体の範囲にあった。実験1でも実験2でも、個体数の約90%は双翅目ユスリカ科の成虫であった。

瓦1枚当たりの底生無脊椎動物の平均湿重量は、実験1では0.02–2.59 g、実験2では0.15–1.16 gの範囲にあった。両方の実験において、池内に生息する底生無脊椎動物の湿重量と個体数を変えた魚類の個体数との間には、有意な相関関係は認められなかった (Pearsonの相関係数, $p > 0.05$)。個体数比において、実験1では、カゲロウ目幼虫 (35.7%)、ユスリカ科幼虫 (24.3%)、トビケラ目幼虫 (23.5%) の順、実験2ではカゲロウ目幼虫 (35.6%)、ユスリカ科幼虫 (30.2%)、トビケラ目幼虫 (26.6%) の順に多かった。

藻類の現存量 (クロロフィル *a*) (\pm SD) は、実験1では0.10–1.27 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (± 0.03 –0.55)、実験2では0.37–1.56 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (± 0.04 –0.38) であった。両方の実験において、藻類の現存量と個体数を変えた魚類の個体数との間には有意な相関は認められなかった (Pearsonの相関係数, $p > 0.05$)。

オイカワとウグイは一方の個体密度が増加することによって、もう一方の成長に負の影響を与えることが明らかになった。オイカワとウグイは互いに攻撃し、干渉型競争が生じることが報告されているが、その頻度を10 cm以内に接近した回数のうち攻撃が生じた割合として求めたところ、実験河川でも自然の水路でも3.2%以下にすぎないことが明らかにされている。¹¹⁾ また、オイカワやウグイよりも攻撃的なカワムツの存在下で、オイカワの成長率は低下しないことが観察されている (小川・片野, 未発表データ)。本研究ではオイカワとウグイの攻撃行動や摂食行動は観察しなかったが、攻撃的干渉それ自体がもう一方の種の成長に影響を及ぼした可能性は低いと考えられる。両種は河川中流域に同所的に生息し、河床付近を好みよく利用する点で類似する。食性についてはいずれも雑食性であり、底生藻類と無脊椎動物を摂食するが、オイカワの方がウグイより藻類を摂食する割合が高いことが確認されている。^{5,12)} しかし、本研究でも食物の重複度指数が2015年には0.6を超える高い値を示し、2014年にもそれに近い値を示したため、

食性は類似していると言えよう。そのために、両種の間には食物をめぐる取り合い型競争が生じたと考えられる。オイカワとウグイの成長率は種間で異なったが、これは実験に用いた個体のサイズがオイカワでは最大サイズに近く、ウグイではまだ成長する余地のあるサイズだったことが原因であると思われる。

ウグイの個体密度が増加するにしたがって、ウグイの成長率は低下し、種内の個体密度の成長への影響が認められたが、オイカワの成長はその個体密度に影響されなかった。その理由は明らかではないが、オイカワの個体密度が高まるにつれて、オイカワ1個体が利用できる無脊椎動物が減少したことは確かであろう。したがって、オイカワの個体密度が高い場合には、底生藻類の食べやすさや栄養価が増大したり、オイカワの活動性が高まってより多く摂食行動を行ったりするなど、無脊椎動物が減少をする変化が生じたと推察されるが、この点についてはより詳細な観察・実験を行う必要がある。

本研究でオイカワとウグイが餌資源をめぐる潜在的に強い競争関係にあることが明らかになった。しかし、本研究では同種内の密度効果が成長に与える影響を考慮しなかったため、今後はその影響についても明らかにする必要がある。また、異なる季節でも両種の間に取り合い型競争が生じるか否か、また長期的な研究によって、両種が互いの生存率や個体数に影響するかの否か、を明らかにすることによって、その種間関係を解明し、それを資源管理に役立てることが必要である。

文 献

- 1) 片野 修. 「河川中流域の魚類生態学」学報社, 東京, 2014.
- 2) Katano O, Aonuma Y. Negative effect of ayu on the growth of omnivorous pale chub in experimental pools. *J. Fish Biol.* 2001; 8: 1371–1382.
- 3) 中野 繁, 谷口義則. 淡水性サケ科魚類における種間競争と異種共存機構. *魚類学雑誌* 1996; 43: 59–78.
- 4) 中村一雄. 千曲川産オイカワ (*Zacco platypus*) の生活史 (環境, 食性, 産卵, 発生, 成長其他) 並にその漁業. 淡水区水産研究所研究報告 1952; 1: 2–25.
- 5) 水野信彦, 川那部浩哉, 宮地傳三郎, 森 圭一, 児玉浩憲, 大串龍一, 日下部有信, 古屋八重子. 川の魚の生活 I. コイ科4種の生活史を中心にして. 京都大学理学部生理・生態学研究業績 1958; 81: 1–48.
- 6) 牧 岩男, 中 恭子, 浦本彰夫. 貴志川 (和歌山県) におけるオイカワ (*Zacco platypus*) の摂食量の季節ならびに発育に伴う変化. 和歌山大学教育学部紀要. 自然科学 1970; 20: 43–54.
- 7) 水野信彦, 御勢久右衛門. 河川の生態学. 築地書館, 東京. 1972.
- 8) 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魚類の種組成と食物関係. 日本水産学会誌 2004; 70: 902–909.
- 9) Schoener TW. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology* 1970; 55: 408–418.
- 10) 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.
- 11) 小川 拓, 片野 修. 実験河川における3種のコイ科魚類の摂食行動と相互作用. *魚類学雑誌* 2015; 62: 133–147.
- 12) Katano O, Nakamura T, Yamamoto S. Intra-guild indirect effects through trophic cascades between stream-dwelling fishes. *J. Anim. Ecol.* 2006; 75: 167–175.

日本水産学会誌掲載報文要旨

オイカワとウグイの相互作用が互いの成長に及ぼす影響(短報)

小川 拓(海洋大), 片野 修(水研セ増養殖研)

オイカワとウグイが互いの成長に及ぼす影響について, ポンプで流れをつくった12面の実験池を用いて調べた。5匹のオイカワと0-10匹のウグイをそれぞれの池に放流し20日後の成長率を算出した。また, オイカワとウグイの個体数を逆にして同様の実験を次の年の同じ時期に行った。オイカワの個体数, またはウグイの個体数が増加するにしたがい, もう一方の魚類の成長率は減少し, また両種の食性が類似していることから, 両種間に取り合い型競争が生じることが示された。

日水誌, 82(2), 128-130 (2016)