

2015年夏季に琵琶湖北西岸で捕獲された魚食性 絶滅危惧魚種ハス(*Opsariichthys uncirostris uncirostris*) の空腸率と体型について

今村彰生^{1,*}・橋本果穂²・丸山 敦²

¹ 北海道教育大学旭川校 〒070-8621 北海道旭川市北門町9丁目

² 龍谷大学 〒520-2194 滋賀県大津市瀬田大江町横谷 1-5

* 責任著者 E-mail ginryou715@yahoo.co.jp

キーワード: 餌不足, 漁獲量減少, 魚食魚, 上位捕食者, 体長体重曲線

2016年10月27日受付 2017年6月6日受理

要旨 近年の琵琶湖での漁獲減少が著しい魚食性の在来魚ハス(絶滅危惧 II 類)を, 夏期の琵琶湖北湖沿岸において刺網によって捕獲調査した。オス 51 個体, メス 14 個体が捕獲され, 性比はオスに偏った。メスでは捕獲した全個体の腸管が空であった。雌雄あわせた捕獲個体の空腸率は 0.83 であり, 季節を問わず空腸率が 0.5 を下回る 1963 年の琵琶湖での報告とは大きく異なった。体長-体重曲線による分析においても, データ数は不十分ながら, 食物不足の可能性を示す負のアロメトリー成長がメスで示唆された。本研究でのデータ数はやや少ないため, 生活史全体および繁殖期と非繁殖期を通じたハスの個体群構造およびその動態などを詳細に調査し, 漁獲減少との関連を検証することが急務であると考えられる。

はじめに

ハス *Opsariichthys uncirostris uncirostris* は日本産のコイ科魚類では唯一の魚食魚である(細谷 2013)。ハスには, 馬口魚 *O. u. bidens* やコウライハス *O. u. amurensis* という別亜種が中国大陸に分布することが知られているが(斎藤 2012), 本亜種は琵琶湖・淀川水系と福井県の三方湖に固有である。しかし, 三方湖のハスは激減したとされ(細谷 2013), 福井県の県域絶滅危惧 I 類に分類されている(福井県 2002)。琵琶湖のハスも, 1955 年ごろには年間約 200 t あった漁獲が 2014 年前後には 17 t にまで減少している(滋賀県 参照 17-04-2017)。これらの状況から, ハスは環境省第 4 次レッドリストでは絶滅危惧 II 類(VU)に選定され(環境省 2013), 滋賀県版レッドータブックには希少種として掲載されている

(滋賀県生きもの総合調査委員会 2015).

琵琶湖のハス漁獲量の減少は生息数の減少を示唆し、その減少原因については外来魚との競合が指摘されているが、実証的な研究例は少ない。Tsunoda et al. (2015)は、ハスの腸内容(ハスに胃はなく腸管のみである)について体サイズごとに検討し、さらにオオクチバス *Micropterus salmoides*との餌資源をめぐる競争の有無について検討したが、両種の食物をめぐる競争がハスの減少に顕著に影響しているという証拠は見つかっていない。

そこで我々は、個体数の減少が懸念される琵琶湖のハスを捕獲し、基礎情報を記録して現状把握を試みた。その結果、性比、空腸率においてハスの継続的な減少が危惧されるデータを得たので報告する。

調査地と方法

調査の概要

捕獲調査は、ハスの繁殖期を含む 2015 年 7 月から 8 月にかけて、滋賀県大津市北小松の琵琶湖岸 (35.264°N, 135.993°E)において実施した(図 1)。捕獲調査を行った琵琶湖北西部では、繁殖期である 5 月下旬から 8 月にかけて産卵場がある流入河川へのハスの遡上が観察される。この時期にハスの生息が確認され、捕獲作業も行いやすいと考えられた、河川の河口付近の砂浜を調査地とした。調査地の岸

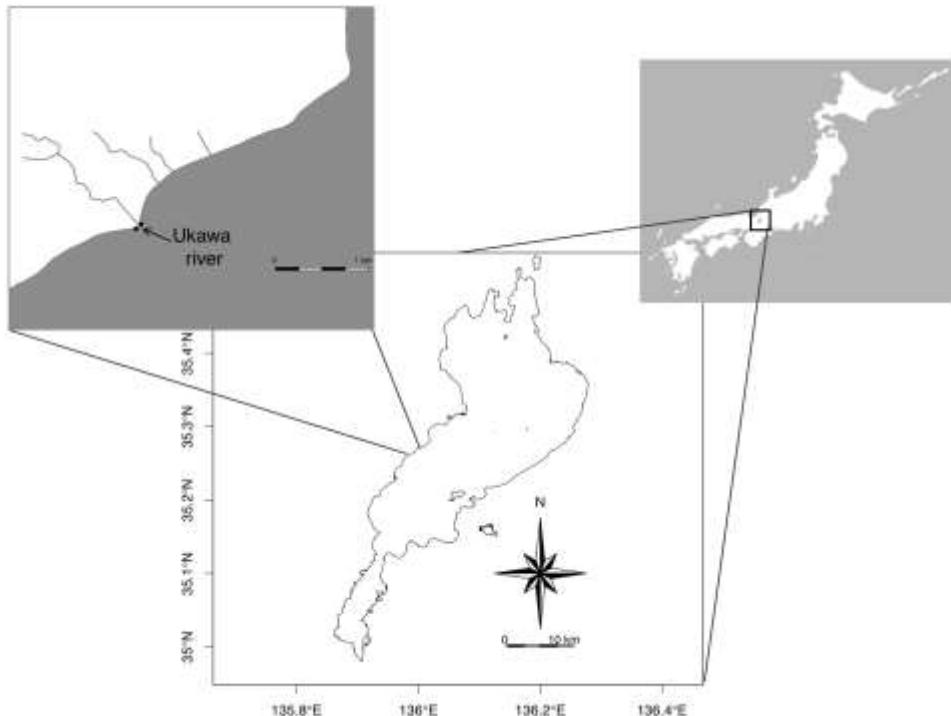


図 1. ハスの捕獲が行われた琵琶湖西岸の地図。鵜川の河口付近の砂浜を調査地とした。図中の点の位置に刺網を設置した。

Fig.1. Map of the research site. Fish samples were collected in the beach near the mouth of Ukawa River in the west shore of Lake Biwa. Circles indicate the points nets set.

から 20 m 付近までの砂礫帯に胴長を着用して湖に立ち入って、幅 30 m、高さ 1.2m の刺網2枚で砂礫帯を囲い込み、刺網にかかったハスを捕獲した。刺網は 7 節(目合い 5 cm)と 9 節(目合い 4 cm)の 2 種類を常に併用した。この目合いは、ハスの非繁殖個体やオイカワなど小型の近縁種の混獲を避けつつ、ハスを効果的に捕獲できると考えられている目合である(佐野 2012)。

刺網を用いた調査はサイズ選択性が強く、サンプリングバイアスが生じる可能性がある。ハスではオスがメスよりも大型になるため、目合いの大きな網を用いた過去の研究ではオスに性比が偏った例があった(田中 1970)。本研究では、この点を踏まえ体長 15 cm 以上のハスを捕獲できる 7 節と 9 節の刺網を用いた。この網を用いた場合には、繁殖期の成熟メスの 80%以上を捕獲できることから(田中 1970, 読図)、サンプリングバイアスの可能性をかなり小さくできると考えた。

調査地近傍の繁殖可能な河川として鶴川と滝川が挙げられるが、今回の捕獲は河川内や河口ではなく、湖岸においてのみ実施した(図1)。なお、調査回ごとに採集時間帯は一定ではなかったが、日の出直後または日の入り前とし、調査地にてハスが捕獲できなくなるまで約 120 分間継続した。

測定項目

腸管内容物の消化を防ぐため、捕獲後すぐに腹腔内に 50% フォルマリン溶液を注射し固定した。その後、実験室内にて 10% フォルマリン溶液にて固定し保存した。

実験室内にて、標準体長(SL、単位 cm)、湿体重(WW、単位 g)、腸管内容物の乾燥重量(mg)、生殖腺の乾燥重量(mg)、性別、肝臓の乾燥重量(mg)を測定し記録した。なお、標準体長は、ハスの上顎の先端から尾鰭基底までを測定した。湿体重は、余分な水分を除去した上で電子天秤(新光電子株式会社製の SJ-820)を用い最小表示 0.01 g で測定した。腸管内容物、生殖腺、肝臓の乾燥重量については、60°C で 48 時間以上乾燥させ、分析用電子天秤(株式会社エー・アンド・デイ製の BM-20)を用いて最小表示 1 μg で測定した。腸管内容物の確認には目視および実体顕微鏡を用いた。また、摘出した生殖腺を目視して性別判定した。

解析

解析は R3.3.2 for Mac OSX(R Core Team 2016)を用い、base パッケージに加えてパッケージ mice, plyr を用いた。また、正規分布しない変数の多重比較のために Steel Dwass 法を用いた(青木 参照 17-02-2017)。

湿体重の補完と乾燥重量の推定

乾燥重量(DW、単位 g)については、2015 年 7 月 19 日の採集個体から 5 個体(オス 4、メス 1)を抽出し 60°C で 48 時間乾燥させて乾燥重量を測定した。これをもとに、乾燥重量を測定していない個体についてもパッケージ mice の関数 mice を用いて $DW = a \times WW$ の関係式に確率的回帰代入を施して乾燥重量を推定した(method = norm.nob とした)。ただし、第 1 回目の調査の 2015 年 7 月 9 日の捕獲個体については、湿体重の測定値に欠損が見られたため、湿体重から R の関数 nls を用いて $WW = a \times SL^b$ を推定し、得られた係数をもとに体重が正規分布するとの仮定の元で確率的回帰代入を施し、欠損していた湿体重を補完した(高橋ほか 2015)。このとき、オスとメスの体長・体重の係数に違いが見られたため、オスとメスを分割して補完した。これらの作業によって、全個体の乾燥重量が推定可能であった。

指数の算出

上記で得られた全個体の乾燥重量にもとづき, 肥満度 condition factor (CF = (DW/SL3) × 1000), 肝臓重量指数 hepatoma somatic index (HSI = (肝臓の乾重/DW) × 100), 生殖腺指数 gonad somatic index (GSI = (生殖腺の乾重/DW) × 100), 腸管充満度指数 intestinal tract fullness (IF = {腸管内容物の乾重/(腸管内容物の乾重-DW)} × 100) という一連の指数を算出し, 解析に用いた。

なお, 第 1 回目の調査では, すべての捕獲個体において肝臓重量が欠測したため, HSI の解析から除外した。かつ, 同調査回において, 摘出した腸管・生殖腺の個体番号管理が曖昧であった捕獲個体があり, IF については 5 個体について欠測, GSI については 16 個体について欠測とした。

結果

本調査では計 65 個体のハスを捕獲した。捕獲されたハスは, オス, メスとともにすべて田中(1970)が示した繁殖サイズの閾値(体長 16 cm と 13 cm)以上だった(表 1, 図 2)。そのうちの 14 個体がメスで, 残り 51 個体はオスだった。性比について, メスについては捕獲率が 80% 程度として, 性比の期待値をオス:メス = 1:0.8 と想定した。この期待値に対し性比が有意に偏っているのか二項検定により検討した。総個体数が 65 の場合, メスの個体数が 14 以下の値をとりうる下側の生起確率は $P = 1.01 \times 10^{-4}$ であり, 調査期間全体ではメスが有意に少ないという結果だった。同様に, 第 1 回から第 5 回までの調査ごとの総個体数に対するメスの個体数について, その値以下でありうる下側の生起確率を計算すると, 第 1 回から順に $P = 0.49$ (メス/総数 = 7/17), $P = 0.15$ (2/7), $P = 4.64 \times 10^{-3}$ (2/17), $P = 5.66 \times 10^{-3}$ (3/20), $P = 0.30$ (0/2) で, 第 3 回と第 4 回においてメスが有意に少ないという結果だった。

標準体長 (SL) と湿体重との関係について, 図 2 には補完した値も含めて示した。オスとメスに分割して

表 1. 本研究で捕獲されたハスの概要。

Table 1. Summary of *Opsariichthys uncirostris uncirostris* captured in this study.

| Study number | Date | Sex | Number of individual | Mean standard length (cm) | Mean dry weight (g) | Empty gut ratio |
|--------------|-----------|--------|----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | 2015.7.9 | Female | 7 | 17.51 | 2.52 | 36.02 |
| | | Male | 10 | 20.70 | 3.07 | 46.00 |
| 2 | 2015.7.19 | Female | 2 | 19.35 | 2.19 | 36.48 |
| | | Male | 7 | 21.99 | 1.81 | 51.73 |
| 3 | 2015.7.31 | Female | 2 | 17.00 | 3.11 | 34.90 |
| | | Male | 15 | 21.72 | 1.73 | 50.41 |
| 4 | 2015.8.7 | Female | 3 | 17.00 | 0.36 | 39.04 |
| | | Male | 17 | 21.88 | 1.13 | 48.99 |
| 5* | 2015.8.24 | Male | 2 | 22.90 | 0.00 | 50.45 |
| Overall | | Female | 14 | 17.59 | 2.16 | 36.57 |
| | | Male | 51 | 21.66 | 1.9 | 49.25 |
| | | | | | 12 | 0.784 |

* Only male individuals were captured.

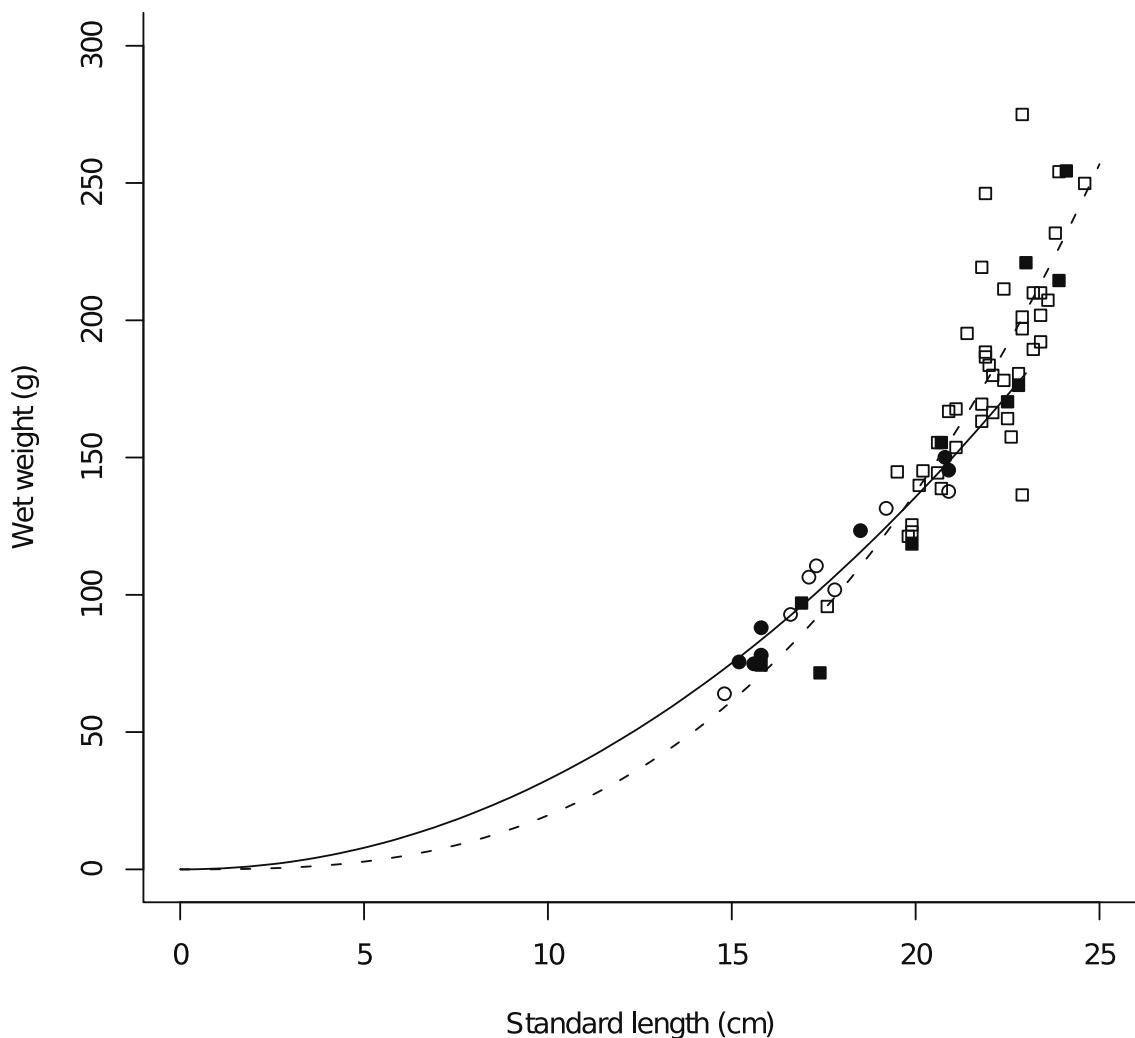


図 2. 捕獲したハスの標準体長と湿体重の関係。雌雄で分け、さらに重量の補完を実施した欠測値について、凡例を分けて示す。曲線は非線形回帰の結果を当てはめたもの。○、メス実測；□、オス実測；●、メス補完；■、オス補完；—、メスの回帰曲線；---、オスの回帰曲線。

Fig.2. Relationship between the standard length (cm) and wet body weight (g) of *Opsariichthys uncirostris uncirostris*. Non-linear regression curves are plotted. ○, Female measured; □, Male measured; ●, Female implemented; ■, Male implemented; —, Female regression curve; ---, Male regression curve.

体長-体重関係($WW = a \times SL^b$)を非線形回帰によって推定したところ、オスでは $a = 0.030$ (推定誤差 0.026, $P = 0.24$), $b = 2.80$ (推定誤差 0.27, $P = 1.0 \times 10^{-13}$), メスでは $a = 0.29$ (推定誤差 0.12, $P = 0.04$), $b = 2.05$ (推定誤差 0.15, $P = 1.1 \times 10^{-8}$)という値が得られた。アイソメトリー成長の魚種における b の期待値は 3 であるが、オス、メスともにこれを下回った。体長-体重関係を魚類について網羅した先行研究(Froese et al. 2014)に示された $b \approx 3$ を中心とする確率密度分布の読図から、本研究のハスのオスで示された値の下側の生起確率は 0.5 に近いが、本研究でのメスの 2.05 という値の下側の生起確率は 0.05 を下回っている。

捕獲個体の体サイズについて、メスについては調査回ごとの変動があるようにも見られるが、有意な差は検出されなかった(Steel Dwass 検定, $P > 0.05$, 図 3A-B)。肥満度(CF)はメスで有意に高く

(Wilcoxon 検定, $P < 0.001$), 調査回での変動はあるが雌雄ともに目立った傾向はなかった(Steel Dwass 検定, $P > 0.05$, 図 3C–D). 肝臓重量指数(HIS)についてはメスで有意に高く(Wilcoxon 検定, $P < 0.05$), (図 3E–F). オスの HIS については第 5 回調査が第 2–4 回調査とは有意に異なるという結果であった(Steel Dwass 検定, $P > 0.05$)のに対しメスでは個体数不足により Steel Dwass 検定による多重比較はできなかった. 生殖腺指数(GSI)はメスで有意に高く(図 3G–H, Wilcoxon 検定, $P < 0.001$), メスで上昇傾向を示したのに対しオスでは顕著な傾向は見られなかった. オスの GSI について多重比較を実施したが有意差は認められなかった(Steel Dwass 検定, $P > 0.05$)が, メスについては個体数不足のため Steel Dwass 検定による多重比較は不可能だった.

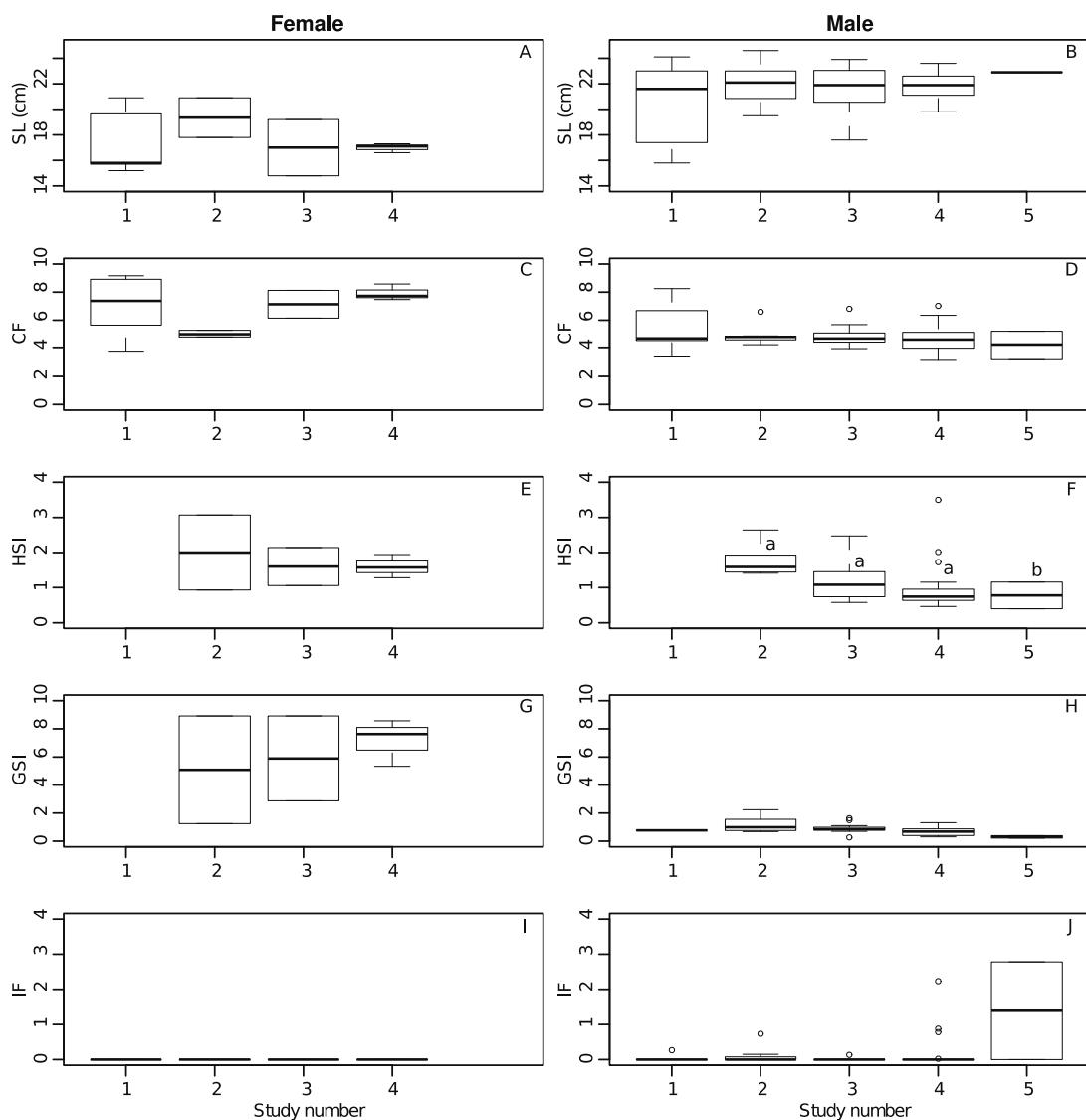


図 3. 捕獲したハスの標準体長(SL, 2A–B), 肥満度(CF, 2C–D), 肝臓重量指数(HSI, 2E–F), 生殖腺重量指数(GSI, 2G–H)および腸管充満度(IF, 2I–J)について、雌雄に分けて季節変化を示した箱ひげ図. 左のカラムはメス、右のカラムはオスについて示す. 調査回(Study number)の詳細は表 1 に示す. 箱の中の横線は中央値、箱の上下端はそれぞれ第 1 と第 3 四分位点、上下のひげはそれぞれ最大値と最小値を表し、白丸は外れ値を表す. HIS について (2E–F), オスでは図中の添え字が異なる場合は Steel Dwass 検定による有意差があったことを示すが(有意水準 $P = 0.05$), メスでは個体数不足により多重比較はできなかった.

食性については、メスが全調査回、全個体について空腸という結果であった（表 1）。オスについては、全ての調査回について腸管内容物が見られ、51 個体中 11 個体に腸管内容物が見られた（空腸率 0.784）。内容物は、アユ1個体が 6 例、ガムシ 1–3 個体が 4 例、ヨシノボリ類 1 個体が 1 例であった。オスの腸管内容物重量は調査 1–4 回に比して 5 回目で高く、腸管充満度(IF)も 5 回目が突出している（図 3I–J）。腸管内容が見られたオス個体の体長の分布には明確な傾向は見られず、オスの空腸の季節変化も明確ではなかった（Steel Dwass 検定, $P > 0.05$, 表 1）。

空腸について、期待値から有意に偏っているのか二項検定により検討した。このとき、メスの腸管内容について欠測の 2015 年 7 月 9 日の個体については除外した。空腸率の期待値は不明のため、0.5–0.9 の間を 0.1 刻みで期待値を変化させて検定した。その結果、雌雄を分けずに期待値を 0.7 としても有意に空腸に偏っており ($P = 0.003$)、期待値を 0.8 とすると偏りは有意ではなかった ($P = 0.25$)。オスのみで期待値 0.6 として検定しても有意に空腸に偏っており ($P = 0.007$)、期待値を 0.7 とすると偏りは有意ではなかった ($P = 0.18$)。

考察

琵琶湖北岸で夏季に刺網で捕獲したハスの性比は大きくオスに偏っていた。琵琶湖水系における先行研究（田中 1970, 角田ら 2016）では、1960 年代までの遡上河川ではメスがやや多く、2010 年代の湖ではメスが極端に少ない傾向を示していた（表 2）。本研究で得られたハスの性比の偏りは、角田ら（2016）が示した近年の傾向と一致していた。また、捕獲された個体の腸管内容物を調べた結果、1960 年代（田中 1970）と比較して空腸率が高く、特にメスは全個体が空腸であった。ほぼ同様の高い空腸率を示した福岡県二ツ川の個体群（0.75–1.0, Kurita et al. 2008）では、その後の調査で餌不足などから体型に変化が生じていたことが報告されている（Kurita & Onikura 2016）。本研究でも、成長に伴う体型変化を示す b 値（2.05）（図 2）は、過去の琵琶湖におけるハスの研究（ $b = 3.2$, 田中 1964）と比較しても、魚類の一般的な値（ $b = 3$, Froese et al. 2014）と比較しても小さかったことから、琵琶湖でも餌不足による体型変化が生じているのかもしれない。しかし、本研究で捕獲できたメスのサンプル数は 14 個体にすぎず、しかも産卵期のメスは成熟や産卵にともなって体型が大きく変化すると考えられ、本研究で得られた b 値の信頼性については留意する必要があるだろう。

琵琶湖では近年、ハスの成長低下や性比の偏り（角田ら 2016, 表 2），漁獲量の減少が報告されている（滋賀県 参照 17-04-2017）。これらは、ハスの減少をもたらす何らかの要因の存在を示唆している。この要因の解明は、ハス漁業や個体群の保全のためにも重要だと考えられる。本研究の結果から懸念されるシナリオの一つは、食物の減少によるハスの空腸率の高さが、琵琶湖のさまざまな場所で季節を通じて

Fig.3. Boxplots of the seasonal change in standard length (SL, 2A–B), condition factors (CF, 2C–D), hepatoma somatic index (HSI, 2E–F), gonad somatic index (GSI, 2G–H), and intestinal tract fullness (IF, 2I–J) of *Opsariichthys uncirostris uncirostris*. Left and right columns indicate females and males, respectively (see Table 1 for details of study numbers). Bar in the box, median; Upper and lower limit of the box, 3rd and 1st quartiles; Upper and lower whiskers, max and min, open circle represents outlier. For HSI (2E–F), different letters indicate a significant seasonal difference with the Steel Dwass test ($P < 0.05$); the test was not performed for females because of insufficient numbers.

表2. 琵琶湖水系におけるハスについての先行研究で捕獲された個体数、性別、体長の比較。
Table 2. Summary of *Opsariichthys uncirostris uncirostris* captured in preceding studies in Lake Biwa and tributary rivers.

| Year | Season | Site | Way of capture | Sex | Number of individual | Sex ratio [F/(F+M)] | SL (cm, Min-Max) | Empty gut ratio | Reference |
|------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------------------|--------|----------------------|------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|
| 1963 | July | Lake shore (Ohmimaike) | Sein net ^{*2} | Female | 37 | 0.179 | NA | 0.29 ^{*3} | Tanaka 1970 ^{*4} |
| 1965, 1967 | June or July | Lake shore (Omatsuzaki) | Sein net ^{*2} | Male | 170 | | 16-23 ^{*1} | | |
| 1964, 1966, 1967, 1968 | June or July | Tributary river (Ado) | Weir | Female | 124 | 0.157 | NA | NA | Tanaka 1970 |
| 1966 | June or July | Tributary river (Ane) | Weir | Female | 666 | | 15-26 ^{*1} | | |
| | | | | Male | 770 | 0.573 | 13-25 ^{*1} | NA | |
| 1967, 1968 | July | Tributary river (Yasu) | Weir | Female | 573 | | 15-26 ^{*1} | | |
| | | | | Male | 274 | 0.619 | 12-24 ^{*1} | NA | |
| | | | | Male | 169 | | 16-26 ^{*1} | | |
| 2013 | June-Nov | Lake shore (8 sites) | Cast net and angling with lures | Female | 277 | 0.562 | 13-23 ^{*1} | NA | Tanaka 1970 |
| | | | | Male | 216 | | 14-26 ^{*1} | | |
| 2015 | July-Aug | Lake shore (near the River U) | Gill net | Female | 56 | 0.335 | 7.5-23.5 | 0.55 | Tsunoda et al. 2016 |
| | | | | Male | 111 | | 8.5-25 | | |
| | | | | Female | 14 | 0.215 | 14.8-20.9 | 1 | Present study |
| | | | | Male | 51 | | 15.8-24.6 | 0.8 | |

*¹ Estimates from graph reading.

*² Tanaka 1970 mentioned sampling bias to males.

*³ Including non-reproductive individuals.

*⁴ Data of 1963 mentioned as captured in Ohmimaike in Tanaka (1964).

SL, standard length; F, individual number of females; M, individual number of males.

生じており、成長率や体型が特にメスで顕著に悪化し、その結果として 50 年の間に性比もオスに偏り、琵琶湖全体のハスの再生産が悪化し、個体数や漁獲量が減少してきた、というものである。しかし、この推測を明らかにするには、本研究で示された空腸率の高さや性比の偏りが本研究の調査地点や調査時期のみの現象か、琵琶湖全体で普遍的にみられる現象かどうかを検証する必要がある。特に、性比がメスに偏り、かつ空腸率も低かった田中(1970)との比較のため、同じ調査地点で同じ方法を用いた調査は重要だろう。また、水生生物は成長や産卵行動にともなって雌雄で異なる分布を示す例が報告されており(水野 1993, Tamate 2004, 森田・森田 2007, 上田 2008, 林田 2011), ハスにおいても何らかの分布の雌雄差が存在し、田中(1970)の河川における性比のメスへの偏りや、本研究や角田ら(2016)の湖岸におけるオスへの偏りが生じた可能性も考えられる。ハスの雌雄差にも着目した、基礎的な生態研究も必要だろう。

近年の研究では、ハスの産卵、生息場所として河川下流部や湖岸の砂底が重要であることが指摘されているが(今村 2014, 滋賀県生きもの総合調査委員会 2015), 琵琶湖全体で砂浜が減少しており(金子ほか 2011), ハスの個体数や性比などへの影響も考えられる。ハス個体群の保全やハス漁業の存続に向けて、空腸率の高さ、性比や体型の変化の検証を実施し、先行研究で指摘してきた減少要因の検証とそれに基づく対策の立案が急務であると考える。

謝辞

編集幹事の嶋田哲郎氏および匿名の査読者には、原稿に対して非常に有益なコメントをいただいた。ここに厚くお礼申し上げる。本論文の一部は、日本学術振興会科学研究費助成事業基盤研究 C(課題番号 16K00630JP)の助成を受けた。

引用文献

- 青木繁伸. (オンライン) スティール・ドゥワス(Steel-Dwass)の方法による多重比較. <http://aoki2.sj.gunma-u.ac.jp/R/src/Steel-Dwass.R> (参照 17-02-2017).
- 福井県. 2002. 福井県レッドデータブックデータベース概説(淡水魚類). <http://www.erc.pref.fukui.jp/gbank/rdb/rdbdata/fis000.html> (オンライン, 参照 02-06-2017).
- Froese, R., Thorson, J.T. & Reyes, R.B. Jr. 2014. A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes. *J. Appl. Ichthyol.* 30: 78–85.
- 林田寿文・新居久也・春日慶一. 2011. バイオテレメトリーシステムを用いた魚類の遡上行動解析. 国土交通省北海道開発局第 55 回(平成 23 年度)北海道開発技術研究発表会.
- 細谷和海. 2013. コイ科 Cyprinidae. 中坊徹次(編). 日本産魚類検索全種の同定 第 3 版, pp. 308–327. 東海大学出版会, 東京.
- 今村彰生. 2014. 琵琶湖汀線の踏査による絶滅危惧魚食魚ハス *Opsariichthys uncirostris*

- uncirostris* の詳細な分布情報. 保全生態学研究 19: 151–158.
- 金子有子・東 善広・石川可奈子・井上栄壮・西野麻知. 2011. 琵琶湖岸の環境変遷カルテ. 滋賀県琵琶湖環境科学研究所, 滋賀.
- 環境省. 2013. 【汽水・淡水魚類】環境省第4次レッドリスト(2013)＜分類群順＞. <https://www.env.go.jp/press/files/jp/21437.pdf> (オンライン, 参照 25-04-2016).
- Kurita, Y., Nakajima, J., Kaneto, J. & Onikura, N. 2008. Analysis of the gut contents of the internal exotic fish species *Opsariichthys uncirostris uncirostris* in the Futatsugawa River, Kyushu Island, Japan. J. Fac. Agr. Kyusyu Univ. 53: 429–433.
- Kurita, Y. & Onikura, N. 2016. Phenotypic shift on an alien piscivorous chub following translocation from a large lake to small irrigation ditches. Ecol. Res. 31: 731–738.
- 水野信彦. 1993. 魚類の生態学的研究.(水野信彦・御勢久右衛門編)河川の生態学, pp. 104–214. 築地書館, 東京.
- 森田健太郎・森田晶子. 2007. イワナ(サケ科魚類)の生活史二型と個体群過程. 日生態会誌 57: 13–24.
- R Core Team. 2016. R3.3.2 for Mac OSX. <http://www.R-project.org/> (on line, viewed 17-02-2017).
- 斎藤憲治. 2012. ハスの話. ボテジャコ 17: 19–29.
- 佐野二郎. 2012. ハスの効率的駆除手法に関する研究. 福岡水研報 22: 57–61.
- 滋賀県. (オンライン) 水産統計. http://www.pref.shiga.lg.jp/g/suisan/shiganosuisan/files/27_suisantoukei.pdf (参照 17-04-2017).
- 滋賀県生きもの総合調査委員会. 2015. 滋賀県で大切にすべき野生生物 滋賀県レッドデータブック 2015年版. サンライズ出版, 彦根.
- 高橋将宜・阿部穂日・野呂竜夫. 2015. 公的統計における欠測値補定の研究: 多重代入法と單一代入法. 製表技術参考資料 30:1–95.
- 田中 晋. 1964. びわ湖産ハス *Opsariichthys uncirostris* (T. & S.) の食物と成長. 生理生態 12: 106–114.
- 田中 晋. 1970. びわ湖におけるハスの成長に関する研究 I. 産卵群標本を用いて推定した各年令時における体長と成長曲線について. 日生態会誌 20: 13–25.
- Tamate T. 2004. Sexual difference in masu salmon: female-biased sexual size dimorphism in a lacustrine population, northern Hokkaido, Japan. Mawatari, S. & Okada, H. (eds). Neo-Science of Natural History: Integration of Geoscience and Biodiversity Studies: Proceedings of International Symposium on “Dawn of a New Natural History – Integration of Geoscience and Biodiversity Studies”, pp. 79–83. Graduate School of Science, Hokkaido University, Sapporo.
- Tsunoda, H., Urano, T. & Ohira, M. 2015. Comparison of food habits between native Amur three-lips (*Opsariichthys uncirostris uncirostris*) and non-native largemouth bass

(*Micropterus salmoides*) in Lake Biwa, Japan. *Intl. J. Limnol.* 51: 273–280.

角田裕志・浦野隆弘・大平 充. 2016. 琵琶湖に生息する絶滅危惧種ハスの成長の現状. 野生生物と社会 3: 29–39.

上田幸男. 2008. 徳島産ハモの漁業生物学的知見. 徳島水研報 6: 85–90.

Empty gut ratio and body shape of the three-lips (*Opsariichthys uncirostris uncirostris*)
at the shoreline of Lake Biwa in summer 2015

Akio Imamura^{1*}, Kaho Hashimoto² & Atsushi Maruyama²

¹ Hokkaido University of Education, Hokumon-cho 9, Asahikawa, Hokkaido 070-8621, Japan

² Ryukoku University, Department of Environmental Solution Technology Faculty of Science & Technology, Ryukoku University Seta-Oe, Otsu, Shiga 520-2194, Japan

* Corresponding author E-mail: ginryou715@yahoo.co.jp

Abstract The native piscivorous fish *Opsariichthys uncirostris uncirostris*, a representative vulnerable species, were investigated at the northwest shoreline of Lake Biwa, central Japan. Fourteen females and 51 males were captured; their sex ratio was biased to males. Remarkably, all of the females had empty guts. The overall empty gut ratio (0.83 overall) was higher than that in Lake Biwa in 1963 (<0.5 throughout the year). The length-weight relationship analysis found a negative allometric growth in females, though the sample size for this analysis was small. Future studies must examine the relationship between the recent reduction in catch, biased sex ratio, and negative allometric growth in females.

Keywords: fish catch reduction, length-weight relationship, piscivore, prey availability, top predator

Received: October 27, 2016/Accepted: June 6, 2017