

北海道朱鞠内湖水系におけるイトウの生活史に沿った食性と生態的地位の変遷

下田和孝^{1,2}・中島美由紀^{1,3}・川村洋司^{1,4}

¹ 〒061-1433 北海道恵庭市北柏木町3-373 北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場

² 現住所：〒040-0051 北海道函館市弁天町20-5 函館市国際水産・海洋総合研究センター内
北海道立総合研究機構函館水産試験場

³ 現住所：〒099-3119 北海道網走市鱒浦1-1-1 北海道立総合研究機構網走水産試験場

⁴ 現住所：〒048-1511 北海道虻田郡ニセコ町ニセコ315-198 尻別川の未来を考えるオビラメの会

(2019年10月29日受付；2020年3月24日改訂；2020年3月24日受理；2020年5月25日J-STAGE 早期公開)

キーワード：イトウ, 安定同位体, 栄養段階, 生活史

魚類学雑誌
Japanese Journal of
Ichthyology

© The Ichthyological Society of Japan 2020

Kazutaka Shimoda*, Miyuki Nakajima and Hiloshi Kawamura. 2020. Life stage-related changes in dietary habits and ecological niche of the Sakhalin taimen *Parahucho perryi* in the Shumarinai Lake system, Hokkaido, Japan. Japan. J. Ichthyol., 67(2): 223-229. DOI: 10.11369/jji.19-043.

Abstract Changes in dietary habits and ecological niche of the Sakhalin taimen *Parahucho perryi* were estimated from the analyses of carbon and nitrogen stable isotope ratios in the Shumarinai Lake system, Hokkaido, Japan. Stable isotope ratios of both elements in 0+ fry in a feeder stream were within the range of stable isotope ratios in other fish species collected from the same stream, although nitrogen stable isotope ratios in co-existing 1+ juveniles were 0.84‰ to 2.10‰ higher than in the latter. Nitrogen stable isotope ratios in large individuals (54.5–69.5 cm fork length) in the lake were 1.40‰ to 4.28‰ higher than in other fishes. These results suggest that Sakhalin taimen begin preying on other fishes at the 1+ juvenile stage, with larger individuals becoming a top predator in the Shumarinai Lake system.

*Corresponding author: Hokkaido Research Organization Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, 3-373 Kitakashiwagicho, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan (e-mail: shimoda-kazutaka@hro.or.jp)

イトウ *Parahucho perryi* は北日本とサハリン、沿海地方および南千島に分布するサケ科魚類で、日本では環境省のレッドリスト（環境省、2019）で絶滅危惧 I B 類に指定される希少種である。かつて本種は東北地方にも分布していたが、現在では北海道にのみ分布し、北海道においても比較的安定した個体数が維持されているのは道北地域や道東地域の数河川と、石狩川水系のダム湖に陸封された数個体群に限られる（鈴木、2003；福島、2008）。イトウは、ふだんは河川の中・下流や汽水域、湖沼および海洋で生活するが、繁殖期が近づくと河川の上流域や支流へと遡上して3月末から5月にかけて産卵する（Fukushima、

1994；鈴木、2003；福島、2008）。7月中旬から8月上旬にかけて尾叉長約3 cmの稚魚が産卵床から浮上し、浮上翌年の春で尾叉長約7 cm、20 cmを超えるのに3年、50 cmを超えるには5年以上を要し、15年で1 m程度になるとされる（山代、1983；鈴木、2003）。

イトウは日本産の在来淡水魚のなかで最も大きくなる種で、大型個体の胃内容物のほとんどが魚類で占められることから（木村、1966；グリツェンコほか、1976；川村ほか、1983）、最上位の捕食者に相当すると考えられる。一方、イトウの当歳魚は主に水生の昆虫とごく少量の魚類を捕食するとされ、年齢1+以上の個体で魚類の捕食割合

が高まることが報告されている（グリツェンコほか，1976；佐川ほか，2003）．これらの研究からイトウの食性と生態的地位は稚魚期から成魚期にかけて変化すると推測されるが，こうした変化を同一の水系内で調べた例はサハリンの1河川を対象にした研究（グリツェンコほか，1976）のみである．

動物体の安定同位体比はその餌生物や栄養段階と良く対応し，このことを利用して魚類においても生態的地位や餌資源の推定が行われている（例えば，Takai and Sakamoto, 1999；Maruyama et al., 2001）．本研究では，北海道の朱鞠内湖とその流入河川に生息するイトウと，同所的に生息する魚類，水生昆虫および動物プランクトンを対象に窒素と炭素の安定同位体比を測定し，イトウの生活史に沿った食性と生態的地位の変化を推定した．

材料と方法

北海道北部に位置する朱鞠内湖は，石狩川の1次支流の雨竜川と天塩川の3次支流の温根別川を堰き止めて1943年に完成した人工湖で，人工湖としては日本で最も広い23.73 km²の湛水面積を有している．朱鞠内湖のイトウはダム建設により人為的に陸封された集団で（福島，2008），湖の流入河川のうち少なくとも4河川で繁殖し，河川毎に分化した遺伝的集団から構成されている（畑山ほか，2017）．本研究ではこのうちの1河川と朱鞠内湖を調査対象としたが，個体群保全のため具体的な河川名の記述と調査地点の図示は控えた．調査河川は，川幅が1.3 mから5.4 m，流心部の水深が0.5 m程度の小河川で，河畔に繁茂した樹木や草本により流路のほとんどが被陰されている．調査河川において2010年から2012年にかけて毎年5月，8月および10月にエレクトロフィッシャー（モデル12型，Smith-Root）を用いて行ったイトウの生息状況調査によると，5月中・下旬の繁殖期には雌雄の成魚が見られたが，それ以外の時期においては湖との合流点付近を除き河川内で大型の個体が確認されることは無かった．また，8月と10月には産卵域やその下流で多くの0+稚魚や少数の1+幼魚が確認されたが，2+以上の個体が確認されることは無かった．したがって本調査河川に生息するイトウの多くは年齢2+に達する前に朱鞠内湖へと下り，その後は繁殖期を除き湖内で生活しているものと推測される．

安定同位体比分析用の試料は2010年5月30日

から2011年11月14日の期間に採集した（Table 1）．朱鞠内湖の流入河川ではエレクトロフィッシャー（モデル12型，Smith-Root）によりイトウとその他魚類を採捕した．また，魚類を採捕した地点で川底の礫を攪拌し，流下する底生無脊椎動物を採集した．この採集には観賞魚の飼育等に用いられる横20 cm×縦15 cm程度，目合約2 mmのすくい網を用いた．採集時間は約30分間で，この間に10個体以上採集された底生無脊椎動物を安定同位体比の測定対象とした．朱鞠内湖においては朱鞠内湖淡水漁業協同組合で設置した定置網で漁獲された魚類や遊漁により釣獲されたイトウから安定同位体比の測定用試料を採取した．定置網の設置位置は朱鞠内湖中部にある葵島の沖合であり，またイトウの釣獲地点は主に朱鞠内湖南西部にある藤原島の周辺であった．なお，これらの地点は調査対象とした流入河川の河口からは5 kmから7 km程度離れている．朱鞠内湖の藤原島の沖合で動物プランクトン採集用ネット（口径30 cm，側長80 cm，網地の目合NXX13：100 μm）を用いて深度10 mからの鉛直引きを行い，動物プランクトンを採集した．

流入河川では，イトウの0+稚魚と1+幼魚，サクラマス *Oncorhynchus masou* の幼魚，アメマス *Salvelinus leucomaenis* の幼魚，ウグイ属 *Tribolodon* sp. の稚魚，フクドジョウ *Noemacheilus barbatulus toni*，ヨシノボリ属 *Rhinogobius* sp. およびハナカジカ *Cottus nozawae* の他，水生昆虫のヒラタカゲロウ科 *Heptageniidae*，クロマダラカゲロウ *Ephemerella nigra*，ヨシノマダラカゲロウ *Ephemerella cryptomeria*，ヒゲナガカワトビケラ *Stenopsyche marmorata*，コガタシマトビケラ *Cheumatopsyche brevilineata*，オオカクツトビケラ *Lepidostoma crassicorne*，ヤマトビケラ属 *Glossosoma* sp. およびユスリカ科 *Chironomidae* のいずれも幼虫を採捕して安定同位体比の測定に供した（Table 1）．朱鞠内湖ではイトウの大型個体，サクラマスの大型個体，アメマスの大型個体，ワカサギ *Hypomesus nipponensis*，エゾウグイ *Tribolodon sachalinensis* およびウグイ *Tribolodon hakonensis* を採捕し安定同位体比の測定に供した（Table 1）．

流入河川，朱鞠内湖ともにイトウについては脂鱭を採取して測定試料とし，採取後は全ての個体を採捕地点に放流した．その他の魚種については採捕個体を持ち帰り体側筋を測定試料とした．4種のサケ科魚類を対象にした研究によると，脂鱭

Table 1. Location, sampling date and body length of fish and invertebrate species used in this study

Taxa	Abbreviation (see Fig. 1)	Location	Sampling date	Body length* (Range; cm)	n
<i>Parahucho perryi</i> (0+)	<i>Pp</i> (0+)	Stream	19 Oct. 2011	6.0–6.8	3
<i>Parahucho perryi</i> (1+)	<i>Pp</i> (1+)	Stream	18 Aug. 2011, 20 Oct. 2011	7.6–12.8	3
<i>Oncorhynchus masou</i>	<i>Om</i>	Stream	20 Oct. 2010	8.8–13.3	3
<i>Salvelinus leucomaenis</i>	<i>Sl</i>	Stream	20 Oct. 2010, 10 Aug. 2011	8.6–14.2	3
<i>Tribolodon</i> sp.	<i>Ts</i>	Stream	20 Oct. 2010	5.7–5.9	3
<i>Noemacheilus barbatulus toni</i>	<i>Nbt</i>	Stream	20 Oct. 2010	10.3–14.1	3
<i>Rhinogobius</i> sp.	<i>Rs</i>	Stream	20 Oct. 2010	5.4	1
<i>Cottus nozawae</i>	<i>Cn</i>	Stream	20 Oct. 2010	7.7–10.6	3
Heptageniidae	<i>He</i>	Stream	21 May 2011, 11 Aug. 2011		2
<i>Ephemerella nigra</i>	<i>En</i>	Stream	21 May 2011		1
<i>Ephemerella cryptomeria</i>	<i>Ec</i>	Stream	11 Aug. 2011		1
<i>Stenopsyche marmorata</i>	<i>Sm</i>	Stream	21 May 2011, 11 Aug. 2011		2
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>	<i>Cb</i>	Stream	11 Aug. 2011		1
<i>Lepidostoma crassicornis</i>	<i>Lc</i>	Stream	11 Aug. 2011		1
<i>Glossosoma</i> sp.	<i>Gs</i>	Stream	11 Aug. 2011		1
Chironomidae	<i>Ch</i>	Stream	21 May 2011		1
<i>Parahucho perryi</i>	<i>Pp</i>	Lake	30 May 2010	54.5–69.5	6
<i>Oncorhynchus masou</i>	<i>Om</i>	Lake	14 Nov. 2011	28.0–33.9	3
<i>Salvelinus leucomaenis</i>	<i>Sl</i>	Lake	15 Nov. 2010	27.6–45.0	3
<i>Hypomesus nipponensis</i>	<i>Hn</i>	Lake	15 Nov. 2010	4.6–7.1	3
<i>Tribolodon sachalinensis</i>	<i>Ts</i>	Lake	15 Nov. 2010	21.0–29.9	3
<i>Tribolodon hakonensis</i>	<i>Th</i>	Lake	15 Nov. 2010	17.0	1
Zoo plankton	<i>Zp</i>	Lake	21 May 2011		1

* Salmonidae, *Tribolodon* sp. and *Hypomesus nipponensis*: fork length; other fishes: total length.

の安定同位体比は筋肉の値と比べて炭素では0.22‰から1.82‰（平均1.0‰）高い値を示し、窒素では0.012‰から0.63‰（平均0.2‰）低い値を示すことが報告されている（Hanisch et al., 2010）。本研究ではイトウの安定同位体比について解釈する際にこれらの値を参考にした。

魚類の試料は乾燥粉末にし、Folch et al. (1957)の方法に従ってメタノールとクロロホルムの混合溶液で脱脂した。底生無脊椎動物の試料は消化管および生殖巣（発達している場合のみ）を除去した後に乾燥粉末にし、3個体から5個体分を混合して1サンプルとした。動物プランクトンの試料は約20個体（ミジンコ亜綱 Phyllozoa およびカイアシ亜綱 Copepoda）を混合し乾燥粉末にして分析に供した。なお、底生無脊椎動物と動物プランクトンについては脱脂を行わなかった。安定同位体比の測定には、元素分析計（NA1500, Fisons）と質量分析計（MAT 252, Finnigan）を用いた。安定同位体比は標準物質に対する千分偏差として次式によって示すこととした。

$$\delta^{13}\text{C} \text{ or } \delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$$

ただし、Rは $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ または $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ をそれぞれ示している。標準物質は炭素ではVPDB（矢石）、窒素では大気中の窒素とした。

結 果

各生物の炭素、窒素安定同位体比をFig. 1に示した。流入河川のイトウ0+稚魚の安定同位体比は、炭素で-25.93‰、窒素で6.95‰であった。これらの値は、流入河川で採捕された他魚種の値の範囲内にあり、炭素の値ではサクラマス幼魚、ウグイ属稚魚およびヨシノボリ属よりも0.46‰から1.05‰低く、フクドジョウ、アメマス幼魚およびハナカジカよりも0.19‰から0.80‰高かった。また、窒素の値ではフクドジョウ、ハナカジカ、ヨシノボリ属およびウグイ属稚魚よりは0.36‰から0.73‰低く、サクラマス幼魚やアメマス幼魚と比べると0.29‰から0.53‰高かった。イトウ1+稚魚の安定同位体比は炭素で-26.15‰、窒素で

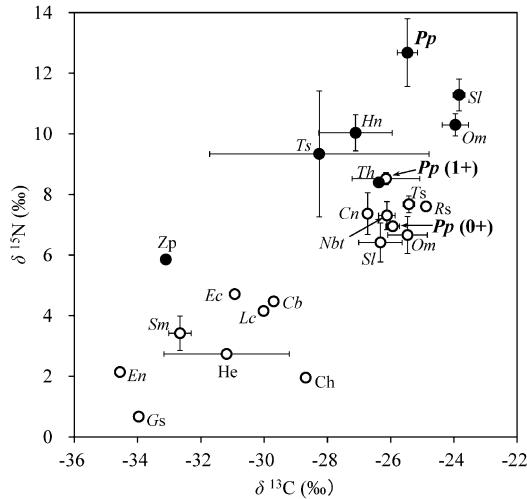


Fig. 1. $\delta^{13}\text{C} - \delta^{15}\text{N}$ map of fishes, aquatic insects and zooplankton in Shumarinai Lake (solid circles) and associated feeder stream (open circles). Bars indicate standard deviation. Abbreviations indicate species (shown in Table 1).

8.52‰であり、炭素の値は他魚種の値の範囲内にあったが、窒素の値は他魚種よりも0.84‰から2.10‰（平均1.35‰）高かった。流入河川の水生昆虫の安定同位体比は、炭素で-34.56‰から-28.68‰（平均-31.46‰）、窒素で0.67‰から4.71‰（平均3.03‰）であった。この値は、流入河川の魚類の平均値（炭素：-25.88‰、窒素：7.31‰）と比べると炭素で5.58‰、窒素で4.28‰低かった。

朱鞠内湖で採捕したイトウの安定同位体比は炭素で-25.47‰、窒素で12.68‰であった（Fig. 1）。なお、両元素ともにイトウの尾叉長と安定同位体比との間に有意な傾向は認められなかった（炭素： $r=0.672$, $p>0.05$, $n=6$, 窒素： $r=-0.419$, $p>0.05$, $n=6$ ）。イトウの炭素安定同位体比は他の魚類の値の範囲（-28.26‰から-23.84‰）に含まれたが、窒素の値は他の魚類よりも1.40‰から4.28‰（平均2.81‰）高かった。湖内の動物プランクトンの安定同位体比は炭素で-33.11‰、窒素で5.86‰であり、この値はイトウ以外の魚類の平均値（炭素：-25.91‰、窒素：9.87‰）と比べて炭素で7.20‰、窒素で4.01‰低かった。

考 察

流入河川のイトウ0+稚魚の安定同位体比は両元素ともに、流入河川に生息するその他魚種の値の範囲内にあった。炭素安定同位体比は炭素供給

源となっている一次生産源の値を、窒素安定同位体比は消費者の栄養段階を反映することから（高井・富永, 2008）、流入河川のイトウ0+稚魚の餌資源は同所的に生息する他魚種と同様であり、生態的地位も同位であると考えられる。ただし、サケ科魚類の脂鱭の安定同位体比が筋肉の値と比べて炭素では平均1.0‰高く、窒素では平均0.2‰低いことを示した報告（Hanisch et al., 2010）を参考にすると、イトウ0+稚魚は他の魚類よりも炭素安定同位体比がやや低い餌資源を利用している可能性があり、また生態的地位は同所的に生息するサクラマスやアメマスの幼魚よりも僅かに高い可能性も考えられる。

窒素安定同位体比は栄養段階が1段階上がる毎に約 3.4 ± 1.1 ‰上昇するとされ（Minagawa and Wada, 1984）、この値が多くの研究で適用されてきた。しかし近年、窒素安定同位体の濃縮係数が生物種や組織によって異なることが報告されるようになり、魚類においても種や組織毎の濃縮係数を適用することが望ましいと指摘されている（沢田ほか, 2018）。これまでにイトウの濃縮係数についての報告は見られないが、本研究で測定対象とした魚類のうちサクラマスに関しては脱脂した筋肉の窒素安定同位体の濃縮係数として4.0‰程度との報告がある（下田ほか, 2005b）。このほか日本産の淡水魚としては、アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* の脱脂した筋肉の濃縮係数として 3.3 ± 0.2 ‰（平均値 \pm SD）との報告がある（沢田ほか, 2018）。これらの値はMinagawa and Wada (1984)が提示した濃縮係数の 3.4 ± 1.1 ‰の範囲内にあることから、本研究で測定対象とした魚類にもこの値が適用できるものと仮定して以下の論議を進めることとした。

これまでに行われたイトウの胃内容物分析では、全長4.8 cmから6.6 cmの0+稚魚は主に水生の昆虫類とごく少量の魚類を捕食するとされている（佐川ほか, 2003）。一方、全長12.1 cmから18.5 cmの年齢1+以上の個体の胃中からは主にフクドジョウとエゾトミヨ *Pungitius tymensis* が見つかることや（佐川ほか, 2003）、全長14.0 cmのイトウがフクドジョウを捕食していた事例（木村, 1966）が報告されている。本研究の測定結果によると、流入河川のイトウ1+幼魚の窒素安定同位体比は他の魚類と比べて平均で1.35‰高かった。この結果は、流入河川では0+稚魚期から1+幼魚期にかけて同所的に生息する魚類よりも栄養段階が約0.4（ $1.35\text{‰}/3.4\text{‰}$ ）段階高くなることを示している。

このことはイトウ 1+ 幼魚が魚類を捕食していることを示唆し、成長に伴い魚食性が高まるとした胃内容物分析に基づく見解（グリツェンコほか、1976；佐川ほか、2003）を支持した。

イトウの中・大型個体の食性としては、河川内で採捕された全長 34 cm から 56 cm の個体がフクドジョウやサケ科魚類を捕食していた事例や（木村、1966）、厚岸湖で採捕された体長 33 cm から 70 cm の個体がカレイ科魚類 *Pleuronectidae* やキュウリウオ *Osmerus eperlanus mordax* を捕食していた事例が報告されている（川村ほか、1983）。今回の測定結果によると朱鞠内湖のイトウの安定同位体比は、測定部位による安定同位体比の違い（Hanisch et al., 2010）を考慮しても、炭素に関しては他の魚類の値の範囲内に含まれるが、窒素に関しては他の魚類より少なくとも 1.40‰ から 4.28‰ 高い。このことはイトウの栄養段階が他の魚類よりも 0.4 段階から 1 段階以上高く、餌生物に占める魚類の割合が高いことを示唆している。

炭素安定同位体比は栄養段階 1 段階につき 1‰ 上昇するとして経験則が一般的に用いられてきたが、和田・野口（2017）は、炭素安定同位体比はばらつきが大きく栄養段階 1 段階につき上昇する炭素安定同位体比は 0‰ から 3‰ であると述べている。マダイ *Pagrus major* を使った飼育実験によると炭素安定同位体比の濃縮係数は与えた餌や測定部位によって異なり、脱脂した筋肉の場合は $1.9 \pm 0.7\text{‰}$ （平均値 \pm SE）であると報告されている（石樋・横山、2008）。また、脱脂したサクラマスの筋肉の炭素安定同位体比は餌生物と比べて 2.1‰ 高いとの報告もある（下田ほか、2005b）。一方、本研究で流入河川における魚類の餌生物として想定した水生昆虫の炭素安定同位体比は、魚類よりも平均で 5.58‰ 低い値を示し、また、湖内の動物プランクトンの炭素安定同位体比は湖内の魚類よりも 7.20‰ 低い値であり、いずれも魚類と餌生物との差は既往の知見よりも大きな値を示した。

安定同位体比はサンプルの処理方法によって変化することがあり、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* を用いた実験によると脱脂処理により筋肉の炭素安定同位体比は 0.5‰ 上昇することが報告されている（高井・富永、2008）。また数種の魚類の筋肉を対象とした測定によると、脱脂処理の有無による炭素安定同位体比の変化は 1‰ 未満であったとの報告も見られる（石樋・横山、2008）。さらに、アユの筋肉を対象にした測定結果によると、炭素

安定同位体比の濃縮係数は脱脂した場合には $2.4 \pm 0.3\text{‰}$ （平均値 \pm SD）であったのに対し、未脱脂の場合には $0.2 \pm 1.3\text{‰}$ であったと報告されている（沢田ほか、2018）。本研究では魚類のサンプルについては脱脂処理を行ったが、昆虫や動物プランクトンでは行わなかった。このため、魚類と餌生物の炭素安定同位体比に既往知見と比べて大きな差が生じたことが考えられる。ただし、その影響は前述の報告（石樋・横山、2008；高井・富永、2008；沢田ほか、2018）を参考にすると 0.5‰ から 2.2‰ であり、炭素安定同位体比の濃縮係数を和田・野口（2017）が提示した最大値である 3‰ を採用したとしても、餌生物と魚類との差を説明するには不十分である。したがって、今回測定対象とした水生昆虫や動物プランクトンだけが朱鞠内湖水系に生息する魚類の餌生物であるとは言い難く、より高い炭素安定同位体比を持つ生物も食べていることを想定する必要がある。

河川性のサケ科魚類は水生無脊椎動物だけでなく陸域から供給される無脊椎動物も捕食することが知られている（例えば、Nakano et al., 1999）。また、ハナカジカやヨシノボリ属魚類は水生昆虫を主食とするものの陸生無脊椎動物も捕食することがあり（山本ほか、1988；平嶋・立原、2006）、ウグイは藻類やデトライタス、水生昆虫に加えて陸生無脊椎動物も捕食することがある（下田ほか、2005a）。さらに、朱鞠内湖のサクラマスはワカサギを主食とするが、胃内容物分析では陸生昆虫も確認されている（長内、1962）。こうした陸生無脊椎動物の安定同位体比としては、北海道の森林に生息するチョウ目 *Lepidoptera* の幼虫や甲虫目 *Coleoptera* の成虫、陸生ミミズ類 *Oligochaeta* 等について未脱脂のサンプルの測定値として炭素で -28.54‰ から -23.30‰ 、窒素で -0.55‰ から 5.54‰ との報告がある（下田ほか、2005b）。これらの値は本研究で測定した水生昆虫の値と比べて、窒素の値は近いものの炭素の値は 6‰ 程度高い。したがって、こうした陸生無脊椎動物も食べることによって、朱鞠内湖や流入河川の魚類の炭素安定同位体比が高くなっている可能性が考えられる。また、湖沼では湖底の付着藻類やデトライタスも食物網の起点となり、これらを利用する底生無脊椎動物が魚類の餌資源になることも知られている（Hobson and Welch, 1995；Sierszen et al., 2003；ブレンマルク・ハンソン、2007）。本研究ではこうした無脊椎動物を測定対象としなかったが、朱鞠内湖でも魚類の餌資源となって炭素安定同位体比に

影響を及ぼしている可能性も考えられる。

餌生物に占める水生無脊椎動物と陸生無脊椎動物の割合について胃内容物分析による研究では、サクラマス幼魚は陸生昆虫の捕食割合が高い一方、イトウ 0+ 稚魚はカゲロウ目 Ephemeroptera を主とした水生昆虫類の割合が高いことが報告されている (佐川ほか, 2003)。本研究の測定結果では流入河川のイトウ 0+ 稚魚の炭素安定同位体比はサクラマス幼魚と比べて 0.46% 低かった。Hanisch et al. (2010) が他のサケ科魚類で報告したように、イトウでも脂鱭の炭素安定同位体比が筋肉の値と比べて 1.0% 程度高いとするなら、筋肉どうしで比べた場合両種の炭素安定同位体比の差は拡大することになり、イトウの餌生物に占める水生昆虫の割合はサクラマスと比べて高い可能性が考えられる。

本研究の結果および考察から、朱鞠内湖と流入河川に生息する魚類は水生と陸生の双方の生物を捕食し、これらの一次生産源である水生藻類と陸上植物から始まる水域と陸域に跨がる生態系の水域側の頂点にイトウの大型個体は位置すると考えられる。ただし、本研究では各生物群のサンプル数がそれぞれ数個体と少なく、またサンプルの採集時期や年が統一されていないため、本研究の結果や考察をイトウに関する一般的知見として結論づけることはできない。脂鱭を用いた安定同位体解析は、希少種であるイトウを殺傷することなく食性を推定できる手法であり、今後さらに多くのサンプルを用いて他の水域でも同様の研究を進めることで本種の食性や生態的地位が明らかになると期待される。また、本研究では脂鱭と筋肉の安定同位体比の違いについて他のサケ科魚類で得られた知見 (Hanisch et al., 2010) を引用したが、イトウについても飼育魚を用いるなどして部位毎に安定同位体比を測定しておくことも必要である。

謝 辞

現地調査にあたっては朱鞠内湖淡水漁業協同組合および NPO 法人シュマリナイ湖ワールドセンターの方々にご協力いただきました。また、安定同位体の分析は南川雅男北海道大学名誉教授にご指導をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- ブレンマルク, C.・L. A. ハンソン. 2007. 湖と池の生物学—生物の適応から群集理論・保全まで. 共立出版株式会社, 東京. 339 pp.
- Folch, J., M. Lees and G. Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226: 497-509.
- Fukushima, M. 1994. Spawning migration and redd construction of Sakhalin Taimen, *Hucho perryi* (Salmonidae) on northern Hokkaido Island, Japan. *J. Fish Biol.*, 44: 877-888.
- 福島路生. 2008. イトウ: 巨大淡水魚をいかに守るか. *魚類学雑誌*, 55: 49-53.
- グリツェンコ, O. F.・E. M. マルキン・A. A. チウリコフ. 1976. ボガタヤ川 (サハリン東岸) のサハリンイトウ *Hucho perryi* (Brevoort). *魚と卵*, 143: 25-34.
- Hanisch, J. R., W. M. Tonn and C. A. Paszkowski. 2010. $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ signatures in muscle and fin tissues: Nonlethal sampling methods for stable isotope analysis of salmonids. *North Am. J. Fish. Manag.*, 30: 1-11.
- 畑山 誠・下田和孝・水野伸也・川村洋司. 2017. 朱鞠内湖に生息するイトウ *Parahucho perryi* の遺伝的集団構造. 北海道水産試験場研究報告, 92: 29-32.
- 平嶋健太郎・立原一憲. 2006. 沖縄島源河川におけるヨシノボリ属魚類の分布と食性. *魚類学雑誌*, 53: 71-76.
- Hobson, K. A. and H. E. Welch. 1995. Cannibalism and trophic structure in a high arctic lake: insights from stable-isotope analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 1195-1201.
- 石樋由香・横山 寿. 2008. 濃縮係数の変動性—魚類を例として. 富永 修・高井則之 (編), pp. 31-45. 安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態. 恒星社厚生閣, 東京.
- 環境省. 2019. 環境省レッドリスト 2019: <http://www.env.go.jp/press/106383.html>. (参照 2019-7-19).
- 川村洋司・馬淵正裕・米川年三. 1983. 道東の汽水湖・厚岸湖で漁獲されるイトウ *Hucho perryi* (Brevoort). 北海道立水産孵化場研究報告, 38: 47-55.
- 木村清朗. 1966. イトウ *Hucho perryi* (Brevoort) の生活史について. *魚類学雑誌*, 14: 17-27.
- Maruyama, A., Y. Yamada, M. Yuma and B. Rusuwa. 2001. Stable nitrogen and carbon isotope ratios as migration tracers of landlocked goby, *Rhinogobius* sp. (the orange form), in the Lake Biwa water system. *Ecol. Res.*, 16: 697-703.
- Minagawa, M. and E. Wada. 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chain: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 48: 1135-1140.
- Nakano, S., H. Miyasaka and N. Kuhara. 1999. Terrestrial-

- aquatic linkages: riparian arthropod inputs alter trophic cascades in a stream food web. *Ecology*, 80: 2435–2441.
- 長内 稔. 1962. 陸封型サクラマス生態調査 I. 雨竜人工湖の湖況の変遷と湖産サクラマスの食性について. 北海道立水産孵化場研究報告, 17: 21–29.
- 佐川志朗・山下茂明・佐藤公俊・中村太士. 2003. 北海道北部の河川支流域における秋期イトウ未成魚の生息場所と採餌様式. 日本生態学会誌, 53: 95–105.
- 沢田 隼・米倉竜次・丸山 敦. 2018. アユの炭素・窒素安定同位体分析のための脂質量補正式と筋肉, 卵巣, 粘液における濃縮係数. 魚類学雑誌, 65: 1–7.
- 下田和孝・中島美由紀・伊藤富子. 2005a. 北海道石狩北部の濃昼川下流域における魚類群集の月変化. 北海道立水産孵化場研究報告, 59: 1–9.
- 下田和孝・中島美由紀・伊藤富子・河内香織・柳井清治・伊藤絹子. 2005b. サクラマスの生活史ステージの進展に伴う安定同位体比の変化. 日本生態学会誌, 55: 371–376.
- Sierszen, M. E., M. E. McDonald and D. A. Jensen. 2003. Benthos as the basis for arctic lake food webs. *Aquat. Ecol.*, 37: 437–445.
- 鈴木研一. 2003. イトウ *Hucho perryi* (Brevoort). 上田吉幸・前田圭司・嶋田 宏・鷹見達也 (編), pp. 108–111. 新北のさかなたち. 北海道新聞社, 札幌.
- Takai, N. and W. Sakamoto. 1999. Identification of local population of Lake Biwa catfish *Silurus biwaensis* in Japan on the basis of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analyses. *Can. J. Zool.*, 77: 258–266.
- 高井則之・富永 修. 2008. 安定同位体比分析を始める人たちに. 富永 修・高井則之 (編), pp. 9–30. 安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態. 恒星社厚生閣, 東京.
- 和田英太郎・野口真希. 2017. 窒素・炭素安定同位体を用いた新食物連鎖解析法—その現状と今後—. *RADIOISOTOPES*, 66: 331–342.
- 山本栄一・後藤 晃・仲谷一宏・尼岡邦夫. 1988. 北海道南部の大当別川における水生昆虫相とカジカ属魚類2種の食性. 北海道大学水産学部研究彙報, 39: 237–256.
- 山代昭三. 1983. イトウの生態について (再録) —特に最近得られた知見など—. *淡水魚*, 9: 24–26.