

市販のストマックポンプによる知床河川の オシヨロコマ *Salvelinus malma malma* の胃内容物採集効率

山本敦也*・鷹見達也**・桑原 連***

(平成 20 年 11 月 21 日受付/平成 21 年 1 月 23 日受理)

要約：北海道東部の知床半島を流れる小河川のオシヨロコマの食性と、市販のストマックポンプによる胃内容物中の被食生物の採集効率を調べた。胃内容被食生物中で優占した生物は、2004 年 5 月と 10 月にはハエ目幼虫、6 月にはヨコエビ亜目、7, 8 月にはトビケラ目幼虫、9 月はサケ科の魚卵であった。ストマックポンプによる胃内容被食生物の採集効率は、7 月の湿重量を除いて、調査期間を通じて 65% 以上を示し、個体数組成は回収物と胃内容物で差がなかった。ただし、被食生物として大型のトビケラ目とサケ科魚卵が優占した 7, 8, 9 月に採集効率は低下し、尾叉長と採集効率、胃充満度と採集効率の間に負の相関が認められた。よって、オシヨロコマなどの河川性サケ科魚類の食性調査にストマックポンプは有効であるが、大型の個体や携業付きのトビケラ目幼虫やサケ科魚卵などの大型の生物を偏食している個体に対しては若干の補正が必要と思われた。これらの詳細な補正条件を明らかにすることは今後の課題として残された。

キーワード：オシヨロコマ、サケ科魚類、食性、胃内容物、ストマックポンプ

緒 言

魚類の食性調査では、開腹により消化管内容物を取り出す方法が一般的である。しかし食性の把握のためには多大なサンプル数が必要となるため、希少種で保護が必要な魚の場合には大きな問題があった。これまで、魚を殺さずに食性を調べるために、ストマックサンプラー¹⁻³⁾ やストマックポンプ⁴⁻¹⁰⁾、ガストロスコプ¹¹⁾ あるいは吐剤を使用した方法^{12,13)} などが考案され用いられてきたが、いずれも大型の魚食やプランクトン食の魚類に適した方法のため、日本の淡水魚、特にイワナ *Salvelinus leucomaenis* やヤマメ *Oncorhynchus masou masou* などの小型の河川性サケ科魚類への適用は難しかった。その中でも、STRANGE and KENNEDY⁸⁾ は、タイハイヨウサケ稚魚 *Salmo salar* L. とブラウントラウト *S. trutta* L. について、ストマックポンプの採集効率が 98.9% であることを示しているが、被食生物の構成比は不明であり、採集効率の低下の要因については触れられていない。

近年は釣り用に簡便なストマックポンプが市販されており、これを使用して魚の食性¹⁴⁻¹⁶⁾ や消化速度¹⁷⁻¹⁹⁾、水生昆虫の羽化期等についての研究²⁰⁻²⁴⁾ が報告されている。しかし、日本の淡水魚に対する研究例は少なく^{25,26)}、胃内容物の採集効率については不明である。

ストマックポンプを用いて食性の研究を行う際に問題と

考えられるのは、採集効率自体が不明であることである。また、魚類の体腔内では消化管と生殖腺が平行して備わっているため、生殖腺が発達した際に、生殖腺が消化管内へのストマックポンプの挿入の妨げとなり採集効率が低下すると予想される。さらに、飽食によって消化管が十分に満たされている場合や、大型魚等で胃や口腔径が大きい場合、ストマックポンプの口径から、大型の甲虫や魚類、携業型のトビケラ目幼虫を携業ごと補食している場合等も採集効率の低下が予想され、これらの場合の採集効率を明らかにする事は重要であると考えた。また、研究者個人が食性について調査を行う際に、それぞれ考案した胃内容物のサンプラーを使用する時には、それぞれの採集効率を予め求めなければ詳細な食性を把握したことにはならず、そのためには魚を殺す必要がある。しかし、市販のストマックポンプについて、予めその採集効率や低下要因とその強度を明らかにすることでその問題は解消される。

オシヨロコマ *Salvelinus malma malma* は北太平洋沿岸一帯に生息するサケ科魚類で、アジア側の分布の南限にあたる北海道では、一部を除いて河川型の生活史を送り²⁷⁾、知床半島や大雪山系などの山間部のみ生息する²⁸⁾。特に知床半島では、生息地へのニジマスへの侵入や生息密度の低下が見られ²⁹⁻³²⁾、現在は準絶滅危惧種に指定され、保護が必要とされている³³⁾。また、知床半島の河川に常時生息する河川性のサケ科魚類はオシヨロコマのみであり²⁸⁾、他の

* 東京農業大学生物産業学部生物生産学科 (現所属：東京農業大学生物産業学部アクアバイオ学科, a3yamama@bioindustry.nodai.ac.jp)

** 株式会社ライズ・コーポレーション

*** 東京農業大学名誉教授、北海道シェル工業株式会社技術研究所

Table 1 Standard length, body weight and number of fish analyzed. Averages and standard deviations are indicated. There are no significant differences among each month (One-Way ANOVA)

Month	SL (cm)	Body weight (g)	n
May, 2004	14.1±2.7	52.2±30.4	16
June	13.7±2.2	42.9±22.6	17
July	14.4±3.3	51.1±38.8	11
August	14.1±2.6	45.8±26.3	15
September	15.5±3.4	71.5±48.5	13
October	14.8±3.5	58.5±51.4	17

サケ科魚類との種間競争がなく、1 魚種が様々な餌生物を食べていることが予想され、様々な餌生物の採集効率が推定できると考えられた。

そこで本研究では、市販のストマックポンプがオシヨロコマのような小型のサケ科魚類の食性調査に有効か否かを検討するため、これによるオシヨロコマの胃内容物の採集効率を調べた。

材料および方法

北海道東部の知床半島を流れるペレケ川 (44°04'N, 145°00'E) の河口から 1~2 km 上流までの区間において、2004 年 5 月 28 日から 10 月 31 日の間に各月 1 回、エレクトロフィッシャー (Model 12-B, Smith-Root, Inc., Vancouver) と口径 40 cm のたも網を用いてオシヨロコマ (合計 89 尾) を採集した。採集したオシヨロコマは現場で自作の測定板と電子天秤を用いて標準体長 (mm 単位) と体重 (0.1 g 単位) を計測した。なお、採集したオシヨロコマの標準体長の範囲は 103-266 mm、体重の範囲は 16.2-246.7 g であった。その後ストマックポンプ (Fly-Rite Stomach Pump, Fly-Rite, Inc., Frankenmuth, Fig. 1) を用いて、胃内容物が取れなくなるまで繰り返し吸引採取した。吸引回数は魚 1 個体につき、3~5 回であった。予備調査ではストマックポンプによる吸引の際に標準体長が 10 cm より小さな個体で胃の裏返し現象が見られたため、10 cm 未満の個体は除外した。

胃内容物の採取の方法は、まずポンプに川水を少し吸い込み、魚の口からパイプを胃まで挿入して静かに水を注入し、次に胃内容物を水とともに再びポンプ内に吸い込んだ。胃に水を入れる際は、魚の口からあふれ出ないように注意した。吸引採取した胃内容物 (以下、吸引回収物) は直ちに 10% 中性ホルマリン溶液で固定した。魚体は直ちに固定するのが望ましかったが、同時に生化学分析の供試材料とするため、氷冷して研究室に持ち帰り -80°C で冷凍保存した。解凍後に生殖腺重量を記録するとともに、解剖して胃内に残留した内容物 (以下、胃残留物) を取り出し、10% 中性ホルマリン溶液で固定した。胃内容物の多さでストマックポンプによる採集効率に差異が生じるかをみるために胃充満度 (stomach fullness index) を次式により求めた。

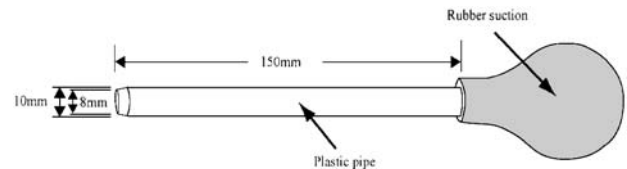


Fig. 1 Stomach pump used in the present study

$$\text{胃充満度}(\%) = \{(\text{吸引回収物} + \text{胃残留物}) / \text{体重}\} \times 100$$

また、腹腔内に胃や腸等の消化管と平行して備わっている生殖腺の発達度合いで採集効率に差異が生じるかをみるために生殖腺指数 (Gonad somatic index) を次式により求めた。

$$\text{生殖腺指数}(\%) = (\text{生殖腺重量} / \text{体重}) \times 100$$

なお、胃内容物 (吸引回収物および胃残留物)、生殖腺の重量は電子天秤 (mg 単位) で測定した。

ストマックポンプによる胃内容物採集効率は、被食生物の個体数、湿重量のそれぞれについて次式により求めた。

$$\text{採集効率}(\%) = \{ \text{吸引回収物} / (\text{吸引回収物} + \text{胃残留物}) \} \times 100$$

吸引回収物及び胃残留物については、実体顕微鏡下で目レベルまで分類し、それぞれの目毎に個体数と湿重量を記録し、各月についてそれぞれオシヨロコマ 1 尾当りに換算した。ただし、魚卵はサケ科魚卵の捕食であることを明確にするためにサケ目とせずサケ科魚卵とした。ヨコエビ目は、同目にヨコエビ・ワレカラなどを含む大きい目であり出現した個体が全てヨコエビ亜目に属するためヨコエビ亜目 (Ganmmaridea) とし、ヤスデ綱 (Diplopoda) は目までの分類が難しいため綱のレベルまでとした。また、本研究ではストマックポンプによる採集効率を求めることを主目的としたため、携巢するトビケラ目の幼虫は携巢ごと 1 個体として重量を計測した。

標準体長、体重の月別変化を見るために、正規性および等分散性を確保するためそれぞれ対数変換をした後、一元配置の分散分析を行った。吸引回収物が胃内容物 (吸引回収物 + 胃残留物) を反映しているかを見るために、個体数組成について、期待値によって調整した 6 分類群 (カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目、水生ハエ目、その他の水生動物、陸生動物) で各月について Fisher の正確率検定を行った。また、吸引回収物と胃残留物の被食生物の重さ、月毎の被食生物の重さの違いを見るために、被食生物 1 個体当たりの湿重量を吸引回収物、胃残留物でそれぞれ求め、被食生物 1 個体当たりの湿重量を月間と吸引回収物・胃残留物間に分けて二元配置の分散分析を行った。

採集効率の月別変化を見るために、正規性および等分散性の確保のため個体数・湿重量の採集効率を逆正弦変換し、個体数・湿重量の採集効率をそれぞれ月間で一元配置の分散分析を行った。生殖腺指数、胃充満度の月別変化を見るために、これらも同様に逆正弦変換を行い、月間で一

Table 2 Seasonal changes in stomach contents per one Dolly Varden collected from the Pereke River, and removal efficiency (%) by the stomach pump

	May, 2004 (n=16)				June (n=17)				July (n=11)				August (n=15)				September (n=13)				October (n=17)				
	Stomach contents Number of individual	Wet weight (mg)	RE (%)	No. individual	Stomach contents Number of individual	Wet weight (mg)	RE (%)	No. individual	Stomach contents Number of individual	Wet weight (mg)	RE (%)	No. individual	Stomach contents Number of individual	Wet weight (mg)	RE (%)	No. individual	Stomach contents Number of individual	Wet weight (mg)	RE (%)	No. individual	Stomach contents Number of individual	Wet weight (mg)	RE (%)	No. individual	
Aquatic																									
Ephemeroptera	3.8 (3.5)	32.0 (6.4)	86.9	86.9	2.1 (11.7)	7.7 (8.7)	97.1	87.8	1.6 (18.2)	5.5 (3.1)	94.4	98.3	0.3 (7.1)	1.1 (1.0)	100	100	0.4 (2.1)	8.3 (0.4)	100	100	0.2 (0.3)	4.2 (5.5)	100	100	
Plecoptera	2.6 (2.4)	15.2 (3.0)	100	100	0.1 (0.3)	0.4 (0.5)	100	100	0.1 (1.0)	0.7 (0.4)	100	100	0.1 (1.8)	0.1 (0.1)	100	100	0.2 (0.8)	0.8 (0.0)	100	100	0.1 (0.1)	0.1 (0.2)	100	100	
Trichoptera	2.7 (2.5)	110.1 (22.0)	67.4	67.4	1.7 (9.7)	20.4 (23.0)	48.3	53.9	3.4 (37.4)	94.6 (54.0)	18.9	5.1	2.3 (60.7)	33.5 (32.7)	61.8	72.5	0.1 (0.4)	0.6 (0.0)	100	100	0.4 (0.6)	3.2 (4.2)	100	100	
Diptera	92.8 (84.9)	104.5 (20.9)	98.0	98.0	5.0 (28.5)	2.4 (2.7)	90.6	90.2	0.5 (6.1)	0.5 (0.3)	83.3	80.0	0.3 (7.1)	0.2 (0.2)	100	100	0.2 (0.8)	0.3 (0.0)	100	100	61.9 (97.2)	33.7 (43.8)	99.6	99.5	
Hemiptera									0.5 (5.1)	7.5 (4.3)	60.0	48.2									0.2 (0.3)	2.5 (3.3)	100	100	
Neuroptera	0.3 (0.2)	25.4 (5.1)	0.0	0.0																	0.1 (0.2)	11.1 (14.4)	50.0	46.8	
Coleoptera	0.3 (0.2)	1.7 (0.3)	75.0	77.8					0.3 (3.0)	0.3 (0.2)	100	100													
Gammaridae	0.4 (0.3)	11.8 (2.4)	83.3	72.9	5.3 (30.2)	22.5 (25.4)	100	100																	
Salmonid eggs																									
Terrestrial																									
Ephemeroptera	0.1 (0.1)	2.5 (0.5)	100	100	0.1 (0.7)	1.7 (1.9)	100	100																	
Plecoptera									0.2 (2.0)	1.5 (0.8)	100	100													
Trichoptera					0.1 (0.3)	1.9 (2.1)	100	100	0.1 (1.0)	0.6 (0.4)	100	100													
Collembola	0.1 (0.1)	0.3 (0.1)	100	100																					
Diptera	0.4 (0.3)	1.5 (0.3)	66.7	87.5	2.5 (14.4)	1.8 (2.0)	100	100																	
Hemiptera					0.1 (0.3)	0.5 (0.5)	100	100																	
Coleoptera	0.2 (0.2)	5.6 (1.1)	66.7	97.8	0.2 (1.3)	4.5 (5.1)	100	100	0.5 (6.1)	38.4 (21.9)	33.3	31.3													
Hymenoptera	2.3 (2.1)	19.4 (3.9)	67.6	51.6	0.2 (1.0)	1.9 (2.2)	66.7	69.7	1.6 (18.2)	22.0 (12.6)	66.7	56.6	0.3 (7.1)	1.7 (1.7)	100	100									
Lepidoptera	3.5 (3.2)	170.1 (34.0)	87.5	84.3	0.2 (1.3)	22.9 (25.8)	75.0	62.0																	
Araneae									0.1 (1.0)	0.5 (0.3)	100	100													
Diplopoda									0.1 (1.0)	3.3 (1.9)	0.0	0.0													
Total	109.4	499.9	17.5	88.6	9.0	175.3	3.7	102.4	18.4	1,919.3	63.7	76.9	63.7	102.4	18.4	1,919.3	63.7	76.9	63.7	102.4	18.4	1,919.3	63.7	76.9	

*Percentage given in parentheses. RE, removal efficiency.

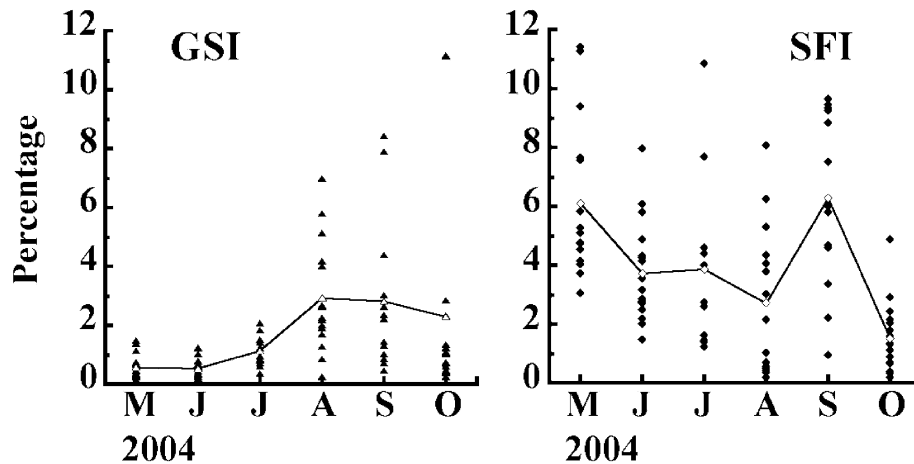


Fig. 2 Monthly changes in gonad somatic index (GSI) and stomach fullness index (SFI) of the Dolly Varden captured from the Pereke River (line and open symbol : average, solid symbol : each individual, n=11-17)

元配置の分散分析を行った。標準体長や生殖腺の発達程度、胃内容物の量が採集効率に与える影響をみるために、採集効率の説明変数として標準体長、生殖腺指数および胃充満度を使用し、二項ロジットモデルによる一般化線形モデルを用い、AIC (Akaike's Information Criterion) を評価基準として両方向のステップワイズ法によってモデル選択を行った。初期モデルは以下の式とした。

$$\text{logit(採集効率)} = \alpha_1 \cdot \text{標準体長} + \alpha_2 \cdot \text{生殖腺指数} + \alpha_3 \cdot \text{胃充満度} + \text{切片} + \text{正規誤差}$$

$\alpha_{1,2,3}$ はそれぞれの推定係数を示す。

なお、空胃個体 (8月4個体, 9月1個体, 10月3個体) を確認した。これらの個体は胃充満度の月別変化の解析には加えたが、本研究の目的から本解析には加えなかった。

結 果

採集されたオシヨロコマの体長および体重に、月間で差異はなかった (一元配置分散分析, 体長; $F_{5,83}=0.67$, $p=0.65$, 体重; $F_{5,83}=1.13$, $p=0.35$, Table 1)。オシヨロコマの胃内容物 (吸引回収物+胃残留物) から水生昆虫は8目16科のうち10種, 陸生昆虫は10目6科のうち2種を同定した。各月におけるオシヨロコマの捕食生物をみると (Table 2), 5月は個体数ではハエ目 Diptera 幼虫が優占したが, 湿重量では陸生のチョウ目 Lepidoptera 幼虫が優占した。6月は個体数, 湿重量ともにヨコエビ亜目 Gammaridea が多く, 7, 8月はトビケラ目 Trichoptera が個体数, 湿重量ともに多く出現したが, 8月の湿重量ではサケ科の魚卵が高い割合を占めた。9月は個体数, 湿重量ともにサケ科の魚卵がそれぞれ 95.8, 99.5% と大半を占めた。10月になると再びハエ目が個体数, 湿重量ともに優占した。

各月の胃内容物採集効率を被食生物の目別にみると (Table 2), 7月のトビケラ目 Trichoptera 幼虫の出現率は個体数, 湿重量でそれぞれ 37.4, 54.0% を占めたのに対

し, 採集効率はそれぞれ 18.9, 5.1% に留まった。5月のアミメカゲロウ目 Neuroptera と7月のヤスデ綱はともに採集効率が個体数, 湿重量それぞれ 0.1% 以下と低い値を示したが, 5月のアミメカゲロウ目の出現率は個体数, 湿重量それぞれ 0.2, 5.1%, 7月のヤスデ綱の出現率は個体数, 湿重量それぞれ 1.0, 1.9% であった。

吸引回収物が胃内容物を反映しているかをみるために, 吸引回収物と胃内容物 (吸引回収物+胃残留物) の個体数について, 期待値を確保するため, カゲロウ目, カワゲラ目, トビケラ目, 水生ハエ目, その他の水生動物 (カメムシ目 Hemiptera, アミメカゲロウ目, 水生コウチュウ目 Coleoptera, ヨコエビ亜目, サケ科魚卵), 陸生動物 (カゲロウ目成虫, カワゲラ目成虫, トビケラ目成虫, トビムシ目, ハエ目, カメムシ目, コウチュウ目, ハチ目, チョウ目, クモ目, ヤスデ綱) の6項に分けて月毎に比較したところ, いずれも有意な差はみられず (Fisherの正確確率検定, $p=0.07\sim 0.99$), 吸引回収物と胃内容物の個体数 (頻度) に差は認められなかった。

吸引回収物と胃残留物の1個体当たりの重さの違いを見るために, オシヨロコマ各個体について被食生物1個体当たりの湿重量をそれぞれ吸引回収物, 胃残留物で求め, 月間および吸引回収物と胃残留物間で比較したところ, 月間で有意差が認められたが (二元配置分散分析, $F_{5,161}=1.61$, $p<0.001$), 吸引回収物と胃残留物の間に差はなく ($F_{1,161}=0.54$, $p=0.46$), 交互作用も認められなかった ($F_{5,161}=0.85$, $p=0.51$)。多重比較では9月の被食生物重量が他の月より有意に大きく (Tukey-Kramer法, いずれも $p<0.001$), その他の月間で差はみられなかった (同, いずれも $p>0.05$)。

生殖腺指数, 胃充満度の経月変化を Fig. 2 に示した。生殖腺指数は5, 6月と低い値を示した後, 8月まで増加し, その後10月まで徐々に減少した。胃充満度は5月の最高値から6, 7月とやや低下し, 8月にはさらに低下, 9月に一時的に増加したが, 10月には最低値まで減少した。生殖腺指数は月間で差が見られたが (一元配置分散分析, $F_{5,83}$

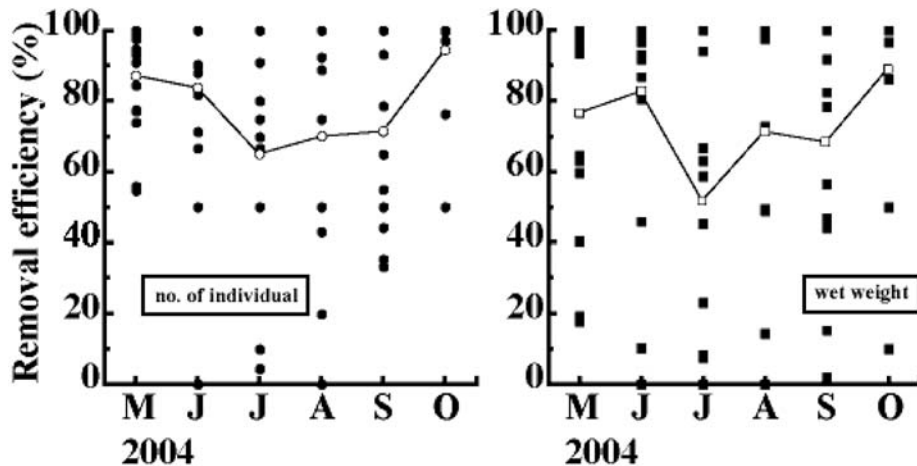


Fig. 3 Monthly changes in removal efficiency of the stomach contents for Dolly Varden captured from the Pereke River (line and open symbol : average, solid symbol : each individual, n=11-17)

= 10.28, $p < 0.001$), 多重比較では差は見られなかった (Tukey-Kramer 法, いずれも $p > 0.05$)。胃充満度も月間で差が見られ (一元配置分散分析, $F_{5,83} = 12.16$, $p < 0.001$), 多重比較では5月と9月が10月に比べ有意に高かった (Tukey-Kramer 法, 5-10月; $t = 6.398$, $df = 27$, $p < 0.001$, 9-10月; $t = 5.856$, $df = 28$, $p < 0.001$)。

ストマックポンプによる採集効率の経月変化を Fig. 3 に示した。個体数で採集効率をみると, 5, 6月には80%以上であり, 7~9月には約70%とやや低かったが, 10月には再び90%以上の高い値を示した。湿重量も同様の変化を示したが, 7月は約53%と特に低い値であった。被食生物の個体数の採集効率は月間で有意差が見られ (一元配置分散分析, $F_{5,82} = 2.636$, $p = 0.029$), 多重比較ではいずれの組み合わせにも有意差は見られなかった (Tukey-Kramer 法)。被食生物の湿重量の採集効率では月間で有意差は見られなかった (一元配置分散分析, $F_{5,82} = 1.906$, $p = 0.102$)。

AIC を評価基準とした両方向のステップワイズ法によるモデル選択を行った結果, 個体数・湿重量の採集効率は共に

$$\text{logit}(\text{採集効率}) = \alpha_1 \cdot \text{標準体長} + \alpha_3 \cdot \text{胃充満度} + \text{切片} + \text{正規誤差}$$

のモデルが選択された (個体数; $\alpha_{1i} = -0.158$, $\alpha_{3i} = -19.026$, 切片 = 4.577, AIC = 73.79, 湿重量; $\alpha_{1w} = -0.234$, $\alpha_{3w} = -16.936$, 切片 = 5.244, AIC = 84.57)。これらの結果から推定された採集効率と標準体長・胃充満度の関係を Fig. 4 に示した。標準体長, 胃充満度ともに個体数・湿重量いずれも負の相関がみられ, 標準体長が大きくなるとともに採集効率が低下し, 胃充満度が高くなると採集効率が低下すると推定された。胃充満度はゆるやかに低下するが, 特に湿重量において標準体長が約15 cmを超えると急激に推定採集効率が低下した。また, 生殖腺指数は採集効率に影響を与えないと推定された (個体数: 標準体長 + 生殖腺指数 + 胃充満度; AIC = 76.26, 湿重量: 標準体長 + 生殖腺指

数 + 胃充満度; AIC = 86.92)。

考 察

オシヨロコマやイワナなど河川性のイワナ属魚類は, 季節によって主要な餌を変化させることが知られている³⁴⁻³⁶。本研究においてもオシヨロコマの主な胃内容物は, 5月に水生ハエ目 (特にヤマユスリカ亜科, Diamesinae) またはチョウ目, 6月にヨコエビ類, 7, 8月にトビケラ目幼虫 (特にニンギョウトビケラ属, *Goera* spp.), 9月にサケ科の卵, 10月に再び水生ハエ目 (特にヤマユスリカ亜科) と変化した。これらの変化は, オシヨロコマ自体の選択ではなく, 餌環境に強く依存するものと考えられている³⁴⁻³⁶。本研究で見られた被食生物の変化も同様のことと考えられた。

サケ科魚卵は8月から10月に出現し, 特に9月に個体数・湿重量共に高い値を示した。北海道で9月を盛期として8月から10月にかけて産卵するサケ科魚類は, サクラマス *Oncorhynchus masou* とカラフトマス *O. gorbuscha* が挙げられるが, それぞれの産卵域³⁷⁻⁴⁰ とペレケ川に設けた定点は下流に位置すること, 9月の調査時に多数のカラフトマス親魚や産卵床が確認され, サクラマス親魚はみられなかったことから, オシヨロコマの胃から発見された魚卵はカラフトマスのものと考えられた。降海型オシヨロコマによる魚卵の摂食は, カラフトマス, ベニザケ *O. nerka*, ギンザケ *O. kisutch* について報告されているが⁴¹, 日本国内の河川型オシヨロコマによるカラフトマス卵の摂食の報告は見られない。知床半島ではオシヨロコマは河口域から上流まで生息し²⁸, この時期に魚卵を食べているオシヨロコマの栄養状態が高くなることから⁴², オシヨロコマにとって, 産卵や越冬を控えた時期に豊富に存在すると思われるカラフトマス卵は重要な餌資源と考えられた。

ストマックポンプによる胃内容物採集効率は7月の湿重量を除き湿重量・個体数の全てにおいて平均65%以上と高い値を示した。サケ科魚類の胃は噴門部と幽門部がとが

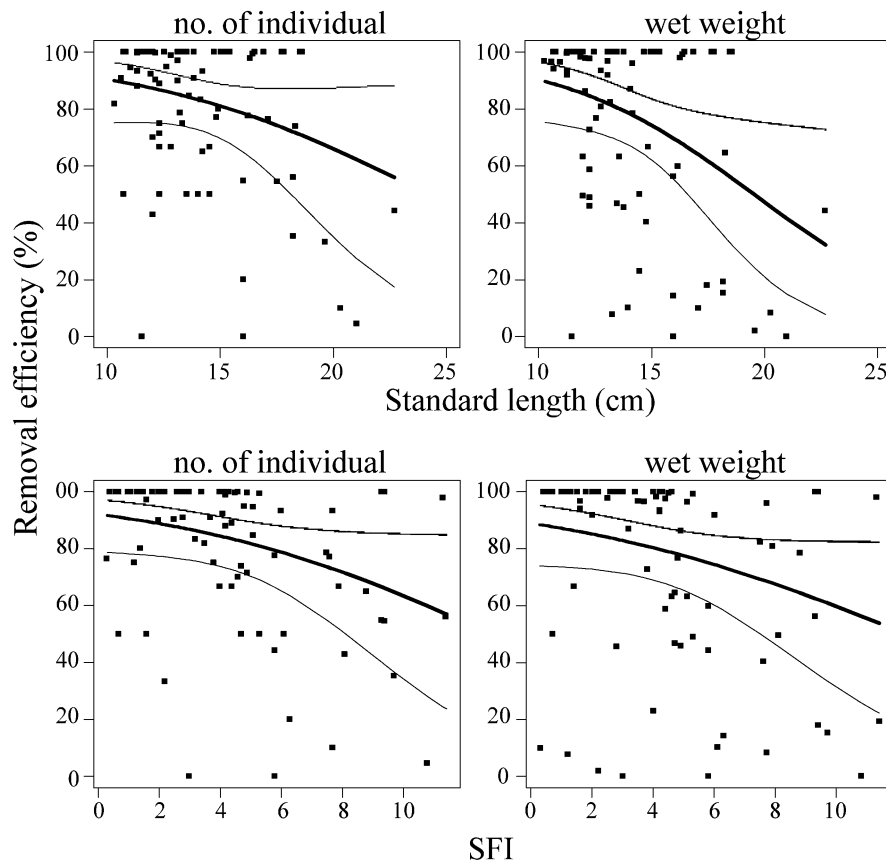


Fig. 4 Correlation of removal efficiency (RE) and standard length, RE and stomach fullness index (SFI, solid square : each individual, bold line : predicted RE, narrow line : $\pm 95\%$ confidence limit of RE)

り、盲嚢部の発達が悪いV型に分類される⁴³⁾。V型の胃は盲嚢部の反転が鋭角であるため、ストマックポンプを使用した際にV字状の頂点から幽門部にかけての胃内容物を吸引しにくいと思われる。解剖の際に胃残留物が見られた個体はこの部分に残留物が集中しており、採集効率を下げる要因の一つとして胃の形状が考えられた。しかしながら、これはサケ科魚類全般にいえることであり、同じ魚種を対象に研究を行う場合、全ての個体に同様のバイアスがかかるものと思われ、同じ魚種の胃内容物をサンプリングする際には消化管の形態の違いによる採集効率の差異を考慮に入れる必要はないものと考えられた。

採集効率が特に低かった7月においておシヨロコマは、トビケラ目幼虫（主にニンギョウトビケラ属）を多く捕食していた。ニンギョウトビケラ属は砂利を紡いで作った長径1 cm程の携巢を持つ種類で⁴⁴⁾、おシヨロコマはこれを携巢ごと捕食していた。また、7月に次いで低い採集効率を示した8、9月には、カラフトマスの卵を多く捕食していた。これらはいずれも個体数より湿重量がその月に占める割合が高く、個体数より湿重量の採集効率が低くなった。また、個体数、湿重量共に95%以上をサケ科魚卵で占めた9月の被食生物1個体当たりの重さが、他の月より有意に重かった。このことはこれらが、個体数は少ないが1個体当たりの重さが重い（=大きい）ことを意味し、今回の結

果のように携巢性のトビケラ目幼虫を携巢ごと選択的に捕食していた場合やサケ科魚卵など大きい被食生物を選択的に捕食していた場合に、特に湿重量の採集効率下がると考えられた。また、0.1%以下の採集効率を示した5月のアミメカゲロウ目と7月のヤスデ綱は、各月の出現率も低く、希な種に対するサンプリング時の誤差と思われる、考慮に入れる必要はないと考えられた。

回収物と胃内容物（回収物+胃残留物）の個体数（頻度）に有意差がみられなかったことから、回収物の個体数組成はおシヨロコマの食性を十分に反映していると考えられる。ただし、おシヨロコマにはトビケラ目幼虫を偏食する個体が出現することが知られているので^{36, 45)}、そのような場合、ポンプの構造上、大きな餌ほど採集効率が低くなる可能性があるため留意が必要である。

一般化線形モデルによるモデル選択から、採集効率は標準体長と胃充満度に影響を受け、標準体長が大きくなるにつれ、胃充満度が高くなるにつれ採集効率が低下すると考えられた。標準体長が大きくなるに伴い消化管も大型になることが予想され、ストマックポンプの径が食道の径や胃の径に占める割合が相対的に低くなるためにストマックポンプでは吸引し難くなると考えられた。そのため、標準体長約15 cm（尾叉長約18 cm）以上の個体に対しては本研究で使用したストマックポンプよりも径の大きいポンプの

使用が望ましいと考えられた。また、胃充満度が高くなると、胃内が被食生物で満たされ、胃壁が十分に膨張された状態になり、ストマックポンプの水圧でさらに胃壁を膨張させることが困難となり、胃充満度が高いときに採集効率が低くなると考えられた。著者らの観察によると、胃充満度が高い個体は外見上腹部が異常に膨れている。このような個体に対してストマックポンプを使用して吸引する際には、吸引の繰り返し数を多くするといった対策が必要と考えられた。

一方、生殖腺指数は採集効率に影響を与えないことが示唆された。オシロコマの腹腔内にある生殖腺の発達によって胃や腸などの消化管が圧迫され、採集効率が低下する可能性が考えられたが、今回の結果からはその傾向はみられなかったため、ストマックポンプの使用は生殖腺が発達した時期でも有効であると思われる。ただし、今回得られたサンプルは生殖腺指数が4以上を示す個体が少なく(7個体)、サンプルに偏りが認められ、生殖腺指数の高い個体について追加の解析が必要と思われる。また、著者らの観察によると生殖腺の発達した個体は空胃のことが多く、産卵に参加する個体は産卵期に摂餌しないと思われる。この時期にストマックポンプを用いた食性調査を行うことは、餌生物のサンプルを得られないだけでなく、その使用によりオシロコマがストレスを受け、その後の繁殖行動に影響を与えかねない問題が残る。

また、予備調査では、ストマックポンプによる胃内容物回収時に標準体長10cm(尾叉長約12cm)より小さな個体で胃が裏返ることがあった。胃の裏返りは魚体に相当なダメージを与えることが予想されるため、その影響を今後調べる必要があると思われる。

オシロコマのような小型の河川性サケ科魚類の食性を調べる場合、市販のストマックポンプは有効であったが、ポンプの構造上、大きな被食生物を選択的に捕食していた場合に採集効率が低くなる可能性が示唆された。また、標準体長15cmを超えると採集効率が急激に低下する可能性が示された。ストマックポンプによって、希少で保護が必要な魚類の食性を、対象魚を殺さずに調べることは可能である。しかしながら、0歳魚、1歳魚等の小型魚については、ストマックポンプの使用によって胃が裏返る可能性があり、その影響は未知であるため、ストマックポンプの使用による直接的なダメージや繁殖期の魚に対する影響等も含め、今後詳しく調べる必要がある。

謝辞：本研究を行うにあたり、東京農業大学生物生産学科水圏環境学研究室の水野 眞教授、同大学アクアバイオ学科水産増殖学研究室の園田 武講師にはご指導、ご援助を頂いた。同大学水圏環境学研究室に在籍した堀 景太氏、宇佐見兼司氏、三戸芳樹氏には調査に協力頂いた。この場を借りて心からお礼申し上げる。

引用文献

- 1) SEABURG, K.G., 1957. A stomach sampler for live fish. *Prog. Fish. Cult.*, **19**, 137-139.

- 2) GENGERKE, T.W., UNKENHOLZ, D.G. and NICKUM, J.G., 1973. A modification of Seaburg's stomach sampler. *Prog. Fish. Cult.*, **35**, 142.
- 3) GILES, N., 1980. A stomach sampler for use on live fish. *J. Fish. Biol.*, **16**, 441-444.
- 4) ROBERTSON, O.H., 1945. A method for securing stomach contents of live fish. *Ecology*, **26**, 95-96.
- 5) BAKER, A.M. and FRASER, D.F., 1976. A method for securing the gut contents of small live fish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **105**, 520-522.
- 6) FOSTER, J.R., 1977. Pulsed gastric lavage: an efficient method of removing the stomach contents of live fish. *Prog. Fish. Cult.*, **39**, 166-169.
- 7) HYSLOP, E.J., 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, **17**, 411-429.
- 8) STRANGE, C.D. and KENNEDY, G.J.A., 1981. Stomach flushing of salmonids: a simple and effective technique for the removal of stomach contents. *Fish. Manage.*, **12**, 9-15.
- 9) VAN DEN AVYLE, M.J. and ROUSSEL, J.E., 1980. Evaluation of a simple method for removing food items from live black bass. *Prog. Fish. Cult.*, **42**, 222-223.
- 10) HAKALA, J.P. and JOHNSON, F.D., 2004. Evaluation of a gastric lavage method for use on largemouth bass. *North Am. J. Fish. Manage.*, **24**, 1398-1403.
- 11) DUBETS, H., 1954. Feeding habits of the largemouth bass as revealed by a gastroscope. *Prog. Fish. Cult.*, **16**, 134-136.
- 12) MARKUS, H.C., 1932. The extent to which temperature changes influence food consumption in largemouth bass (*Huro floridana*). *Trans. Am. Fish. Soc.*, **62**, 202-210.
- 13) JERNEJCIC, F., 1969. Use of emetics to collect stomach contents of walleye and largemouth bass. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **4**, 698-702.
- 14) NEVEU, A. and THIBAUT, M., 1977. Feeding behavior of a wild population of fario trout (*Salmo trutta* L.) in the Lissuraga, a stream in Pyrenees Atlantiques. *Ann. hydrobiol.*, **8**, 111-128 (in French with English abstract).
- 15) HETRICK, N.J., BRUSVEN, R.M., BJORN, T.C., KEITH, R.M. and MEEHAN, W.R., 1998. Effects of canopy removal on invertebrates and diet of juvenile coho salmon in a small stream in southeast Alaska. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **127**, 876-888.
- 16) BAUMGARTNER, L.J., 2007. Diet and feeding habits of predatory fishes upstream and downstream of a low-level weir. *J. Fish Biol.*, **70**, 879-894.
- 17) BROMLEY, P.J., 1988. Gastric digestion and evacuation in whiting, *Merlangius merlangus* (L.). *J. Fish Biol.*, **33**, 331-338.
- 18) BROMLEY, P.J., 1994. The role of gastric evacuation experiments in quantifying the feeding rates of predatory fish. *Rev. Fish Biol. Fish.*, **4**, 36-66.
- 19) ROGERS, J.B. and BURLEY, C.C., 1991. A sigmoid model to predict gastric evacuation rates of smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) fed juvenile salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **48**, 933-937.
- 20) DUFFIELD, R.M. and NELSON, C.H., 1990. Seasonal emergence patterns and diversity of Plecoptera on Big Hunting Creek, Maryland, with a checklist of the stoneflies of Maryland. *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, **92**, 120-126.
- 21) DUFFIELD, R.M. and NELSON, C.H., 1993. Seasonal changes in the stonefly (Plecoptera) component of the diet profile of trout in Big Hunting Creek, Maryland, USA. *Aquat.*

- Insects*, 15, 141-148.
- 22) DUFFIELD, R.M. and NELSON, C.H., 1997. Note on stoneflies (Plecoptera), particularly *Prostoia besametsa* (Ricker) (Nemouridae), in the diet of salmonids from the headwaters of the Middle Fork of the South Platte River, Colorado. *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, 99, 374-375.
- 23) DUFFIELD, R.M. and NELSON, C.H., 1998. Stoneflies (Plecoptera) in the diet of brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell) in Libby Creek, Wyoming, USA. *Hydrobiologia*, 380, 59-65.
- 24) DUFFIELD, R.M., FLINT, O.S. and NELSON, C.H., 1994. *Glossosoma verdoni* (Glossosomatidae: Trichoptera) in the diet of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) in Libby Creek, Wyoming, USA. *J. Kansas Entomol. Soc.*, 67, 277-282.
- 25) IGUCHI, K., MATSUBARA, N., YODO, T. and MAEKAWA, K., 2004. Individual food specialization in stream-dwelling charr. *Ichthyol. Res.*, 51, 321-326.
- 26) 片野 修, 中村智幸, 阿部信一郎, 2006. 長野県浦野川におけるアカザの胃内容物. *水産増殖*, 54, 225-226.
- 27) 下田和孝, 2003. オシヨロコマ, 「新北のさかなたち」(上田吉幸, 前田圭司, 嶋田 宏, 鷹見達也編) 北海道新聞社, 札幌, 122-125.
- 28) 小宮山英重, 2003. 知床の淡水魚, 「知床の魚類」(斜里町立知床博物館編) 北海道新聞社, 札幌, 10-141.
- 29) 下田和孝, 中野 繁, 北野 聡, 井上幹生, 小野有五, 1993. 知床半島における河川魚類群集の現状—特に人間活動の影響を中心に. 北海道大学大学院地球環境科学研究科紀要, 6, 17-27.
- 30) 谷口義則, 岸 大弼, 三宅 洋, 河口洋一, 岩田智也, 三橋弘宗, 野崎健太郎, 村上正志, 西川絢子, 加藤千佳, 中野繁, 2000. 知床半島の河川におけるオシヨロコマおよびサクラマスの個体群の現状. 知床博物館研究報告, 21, 43-50.
- 31) 森田健太郎, 岸 大弼, 坪井潤一, 森田晶子, 新井崇臣, 2003. 北海道知床半島の小河川に生息するニジマスとブラウンマス. 知床博物館研究報告, 24, 17-26.
- 32) 山本敦也, 2008. 知床半島の小河川におけるニジマスの分布状況と食性. 野生生物保護, 11 (2), 19-28.
- 33) 環境省自然環境局野生生物課編, 2003. 「日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック, 汽水, 淡水魚編」環境省, 東京.
- 34) HONMA, Y., HOKARI, N. and TAMURA, E., 1972. Studies on Japanese charrs *Salvelinus*-IV. The food of *S. leucomaeni*. *Japan. J. Ichthyol.*, 19, 255-262.
- 35) 加藤文男, 1992. 長良川, 揖斐川水系のイワナの形態と生態に関する知見. *水産増殖*, 40, 145-152.
- 36) 山本敦也, 桑原 連, 2002. 幾品川および忠類川におけるオシヨロコマ (*Salvelinus malma*) の食性. 知床博物館研究報告, 23, 21-30.
- 37) 佐野誠三, 1964. サクラマスの生態と繁殖保護. *魚と卵*, 104, 1-7.
- 38) 長内 稔, 大塚三津男, 1967. サクラマスの生態に関する研究 I. 遊河サクラマスの形態と産卵生態について. 北海道立水産孵化場研究報告, 22, 17-32.
- 39) 真山 紘, 1992. サクラマス *Oncorhynchus masou* (Brevoort) の淡水域の生活および資源培養に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 46, 1-156.
- 40) 小林哲夫, 1968. サケとカラフトマスの産卵環境. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 22, 7-13.
- 41) MORTON, W.M., 1982. Comparative catches and food habits of dolly varden and arctic charrs, *Salvelinus malma* and *S. alpinus*, at Karluk, Alaska, in 1939-1941. *Envir. Biol. Fish.*, 7, 7-28.
- 42) 山本敦也, 虎尾 充, 桑原 連, 2008. 知床半島の小河川におけるオシヨロコマ *Salvelinus malma malma* の栄養状態の季節変化. 東京農業大学農学集報, 54, 179-185.
- 43) 岩井 保, 1985. 「水産脊椎動物Ⅱ魚類」恒星社厚生閣, 東京.
- 44) 野崎隆夫, 2005. ニンギョウトビケラ科. 「日本産水生昆虫—科・属・種への検索」(川合禎次, 谷田一三編) 東海大学出版会, 東京, 535-538.
- 45) 北野 聡, 中野 繁, 1992. 知床半島, 幌別川におけるオシヨロコマ (*Salvelinus malma*) の成長, 性成熟および食性. 知床博物館研究報告, 13, 1-12.

Removal Efficiency of Prey in Stomach Contents of the Dolly Varden, *Salvelinus malma malma* by Using a Stomach Pump in a River at Shiretoko Peninsula, Northern Japan

By

Atsuya YAMAMOTO*, Tatsuya TAKAMI** and Ren KUWABARA***

(Received November 21, 2008/Accepted January 23, 2009)

Summary : Feeding habits and removal efficiency of prey in stomach content (RE) of fluvial Dolly Varden of a standard length larger than 10 cm were investigated by a stomach pump in a stream located in Shiretoko Peninsula. Dominance taxa in the stomach contents were chironomid larva in May and October, Gammarids in June, caddis larva (*Goera* spp.) in July and August, and salmonid eggs in September, 2004. RE by the pump showed over 65% during the study period. There were no significant differences in the prey-type compositions between samples by stomach pump and by operation. Sometimes, when the fish fed entirely on larger preys like cased caddis or salmonid eggs, RE of the pump was low. There were negative correlations between standard length or stomach fullness index and RE. Therefore, the stomach pump seemed to be effective for the feeding investigation of stream-dwelling salmonid fishes without killing. However, when the fish fed entirely on large preys and the fish was larger than 15 cm (standard length), the modification for the estimation of RE is required. It is a future tasks to clarify various conditions for this modification.

Key words : Dolly Varden, salmonid, feeding habit, stomach content, stomach pump

* Department of Bioproduction, Faculty of Bio-industry, Tokyo University of Agriculture (Department of Aquatic bioscience, Faculty of Bio-industry, Tokyo University of Agriculture)

** Rise Corporation

*** An emeritus professor of Tokyo University of Agriculture and Institute of Technology, Hokkaido Shell Industry Co., Ltd.