

## キャッチアンドリリースされたイワナの 成長・生残・釣られやすさ

坪井潤一,\* 森田健太郎, 松石 隆

(2001年5月10日受付, 2001年10月24日受理)

北海道大学大学院水産科学研究科

Effects of catch-and-release angling on growth, survival and catchability  
of white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* in wild streams

JUN-ICHI TSUBOI,\* KENTARO MORITA AND TAKASHI MATSUIISHI

Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

We examined the effects of catch-and-release angling on the growth, survival and catchability of white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* in four wild streams in northern Japan. Investigations were made twice at each stream. We angled fish with live bait and caught fish using electrofishing as controls. Angled and control fish were measured for fork length, marked individually and released. Fifty days later, we angled and caught by electrofishing again. A total of 282 angled fish and 376 control fish had fork lengths of 80.5 to 282.5 mm. Hooking mortality within a few minutes was 6.7%, which agreed well with previous data by studies of catch-and-release mortality. There was no significant difference in standardized growth rate between angled fish and control fish. The recapture rates of angled and control fish were 77.9 and 74.2% respectively, suggesting that the survival rate of angled fish is not lower than that of control fish. No significant difference in catchability was found between angled fish and control fish. The results show no evidence that catch-and-release angling affects growth, survival and catchability. We conclude that catch-and-release angling is effective to sustain white-spotted charr populations.

キーワード：キャッチアンドリリース, 遊漁, 釣獲, イワナ, 生残, 成長

近年, 余暇の増大や自然志向の高まりに伴い釣り人口が増加しており, 特に内水面では釣り人が飽和状態にあると考えられる。国内の内水面におけるサケ科魚類を対象とした遊漁者数は, 第10次漁業センサスによると1988年に延べ143万人であったのに対し, 1998年には223万人に増加している。いくつかの遊漁対象種では資源枯渇が深刻な問題となっており, 種苗放流, 禁漁期や禁漁区の設定, 体長制限などが古くから行われてきた<sup>1)</sup>が, これらの資源管理だけでは, 現在の高い漁獲圧に対応しきれなくなっている。そのため, 釣った魚を持ち帰ってしまうことにより資源枯渇が生じるという考えから, 持ち帰らず生きたまま放流するキャッチアンドリリースが全国的に普及しつつある。<sup>2)</sup>

キャッチアンドリリースは, 釣られた個体が死亡することなく再び釣りの対象となり, 再生産できれば遊漁資源維持に効果があがる。しかし, 釣りは個体に対して,

針を刺す, 激しく暴れさせる, 手で触ることにより体表の粘膜組織を取る, 水から上げるなど, 様々な要因によりストレスを与えると考えられる。生理学的研究により, 釣られた個体は筋肉中の乳酸塩の増加など, 釣獲により生理的ストレスを受けることが報告されている。<sup>3-6)</sup> また, 実際に釣られた個体の死亡推移をいけすなどで観察した研究例が多数ある。これまでの研究で得られた釣りによる死亡率の平均値を概算すると, ニジマス *Oncorhynchus mykiss* などのサケ科魚類やラージマウスバス *Micropterus salmoides* などのサンフィッシュ科で約5%,<sup>5-12)</sup> 海産魚類で約7%<sup>13,14)</sup> である。また, 養殖されたイワナ *Salvelinus leucomaenis* を用いた水槽実験では, 釣りによる死亡率は5~55%と比較的高い。<sup>2)</sup> さらに, キャッチアンドリリースされた個体が生き残ったとしても, 学習により釣られにくくなる可能性がある。実際, 養殖されたニジマスやコイ *Cyprinus carpio* では,

\* Tel : 81-138-40-5585. Fax : 81-138-40-8857. Email : tsuboi@fish.hokudai.ac.jp

釣られた経験のある個体は学習効果により、釣られにくくなることが知られている。<sup>15,16)</sup> 一方、野生化したティラピア *Tilapia mossambica* では、釣られた経験のある個体の方が釣られやすいという結果が得られている。<sup>17)</sup>

上記のように、これまで多くの研究により、釣りが魚に与える様々な影響について調べられてきた。しかし、これらの研究は人工的環境下で調べられたものがほとんどであり、自然での状況を的確に反映しているとは考えにくい。また、キャッチアンドリリースされた個体は釣獲によるストレスや餌に対する警戒心の増大により、成長が低下することも考えられるが、リリース後の成長を評価した研究は少ない。そこで本研究では、実際の遊漁が行われている環境をより反映していると考えられる自

然河川において、天然のイワナにおけるキャッチアンドリリース後の成長、生残、釣られやすさについて評価した。

#### 材料および方法

**調査場所** 調査を行った河川は北海道南部を流れる亀川の支流である無名の沢 (KM) および桂沢 (KK), 厚沢部川の支流である鳥居の沢 (AT) および佐助沢 (AS) の4河川である (Fig. 1, Table 1).<sup>18)</sup> なお、調査区間の上・下流端はいずれも魚類が遡上できない堰堤や滝によって区切られており、イワナは河川型の生活史を送っている。<sup>19)</sup> いずれの調査区間においても、魚類ではイワナとハナカジカ *Cottus nozawae* のみが確認された。調

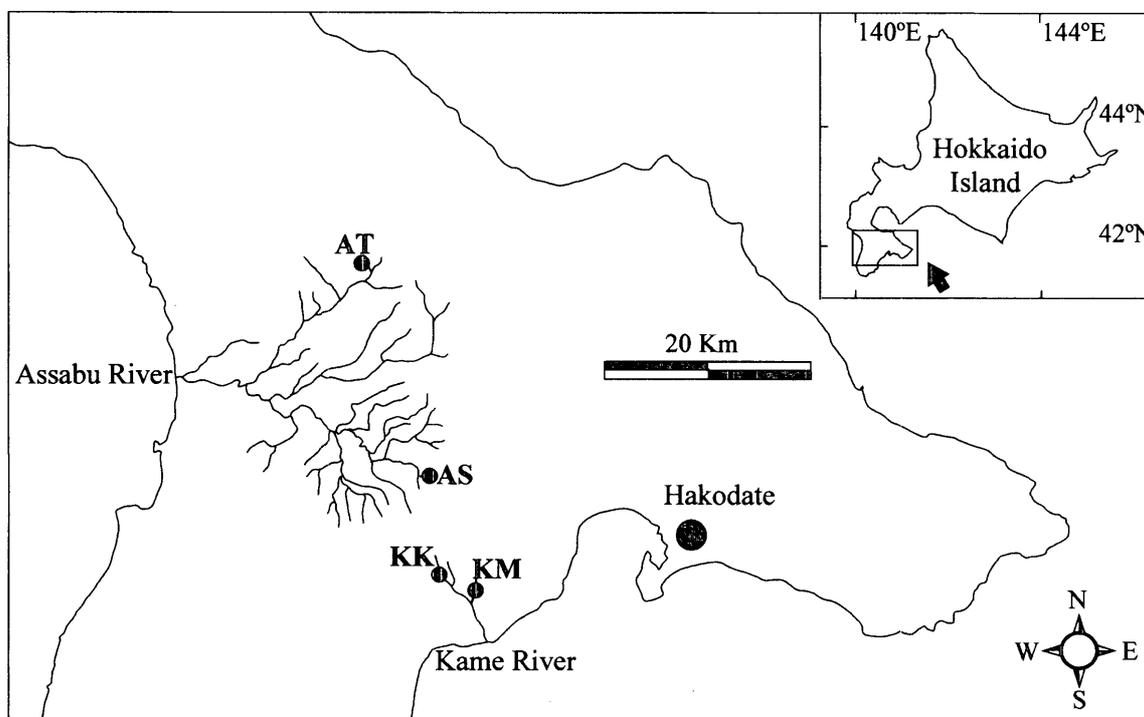


Fig. 1. Map showing location of study areas.

Table 1. Physical characteristics and sample size of each surveyed stream

Stream	Geological type of stream*	Length of surveyed section (m)	Average stream width (cm)	Average stream depth (cm)	Number of tagged**	Number of recapture**
KM	Bb	700	184	13.1	184 (85)	151 (78)
KK	Aa	480	365	26.2	226 (104)	172 (80)
AT	Aa	492	288	17.8	71 (35)	52 (27)
AS	Bb	675	191	13.9	158 (39)	109 (59)
Total					639 (263)	484 (244)

\* Categorized following Kani.<sup>18)</sup>

\*\* Number of fish captured by angling is in parentheses.

査区間では、一般の釣り人はのべ23日間の調査で一度も見られなかったため、著者ら以外の釣り人による影響は極めて少ないと考えられる。

**調査** 各河川において、野外調査を2回行った。1回目の調査(調査I)は2000年5月23日から6月9日にかけて行った。調査Iでは調査区間内の個体を釣られた個体(釣獲個体)と釣られなかった個体(コントロール個体)にグループ分けすることを目的とした。日の出直後から正午頃まで釣りをを行った。釣り餌は市販されている養殖ブドウムシ(ハチスズブリガ *Paranthrene regale* の幼虫)、仕掛けはミチイト、ハリスともに0.6号、針は溪流9号(かえし付き:オーナーぱり社製)を使用した。釣った魚の針の外し方は、針を飲み込まれた場合のみ、プライヤーを使用し針を外した。針を外した後、釣獲個体をバケツに入れ、数匹釣るごとに河川内に数箇所設置した簡易いけすに移した。釣獲終了後、その日のうちに電気漁具(スミス・ルート社製)を用いて、200または300Vの電圧をかけて河川に電流を流し、釣られなかった個体を可能な限り捕獲し、それらをコントロール個体とした。電気漁具による影響を考慮するため、電気漁具の電圧をコントロール個体捕獲時と等しくし、いけすの中の釣獲個体にも電気ショックを与えた。釣獲個体およびコントロール個体の尾叉長を0.5mm単位で計測した後、生存していた個体について個体識別が可能であるアンカータグ(日本バノック社製、軸長15mm)を背鰭直下の背部に取り付け放流した。なお死亡個体については標識放流を行わなかった。釣獲直後の死亡率を算出し、その信頼区間を Sokal and Rohlf<sup>20)</sup>に従い二項分布を用いて推定した。

2回目の調査(調査II)は調査Iから約50日後の7月14日から8月3日にかけて行った。調査IIでは釣獲個体とコントロール個体の再捕を目的とした。釣りによる再捕を行った後、電気漁具による再捕を行った。調査Iと同様に、全個体の尾叉長を計測した。

**成長・生残・釣られやすさ** 釣獲個体とコントロール個体で成長を比較するため、個体毎に調査Iから調査IIまでの比成長率を下記の Ricker の式により算出した。<sup>21)</sup>

$$GR = \frac{\ln(FL_2) - \ln(FL_1)}{t}$$

ここで、 $GR$ は比成長率、 $FL_2$ は調査IIでの尾叉長(mm)、 $FL_1$ は調査Iでの尾叉長(mm)、 $t$ は調査Iから調査IIまでの時間(日)である。比成長率は尾叉長に依存していた( $GR = 0.00312 - 1.19 \times 10^{-5} \times FL_1$ ,  $r = -0.551$ ,  $p < 0.0001$ )。本研究では、大型個体ほど釣られやすい傾向が見られたため、成長率の低い個体が釣られやすい傾向(擬似相関)が検出される恐れがある。そのため、Yokoyama<sup>22)</sup>が用いている標準化式と同様に、尾叉長と独立である標準化成長率を算出した。

$$SGR = GR + b(FL_0 - FL_1)$$

ここで  $SGR$  は標準化成長率、 $b$  は全個体データから得られた尾叉長に対する成長率の回帰直線の傾き ( $b = -1.19 \times 10^{-5}$ )、 $FL_0$  は調査Iにおける平均尾叉長 ( $FL_0 = 150$  mm) である。河川毎に釣獲個体、コントロール個体それぞれについて標準化成長率の平均値を求めた。標準化成長率は正規性および等分散性の仮定が満たされたため (Kolmogorov-Smirnov 検定、すべて  $\chi^2 < 2.314$ ,  $p > 0.05$ ;  $F_{\max}$  検定、 $F_{\max} = 2.484$ ,  $p > 0.05$ )、分散分析を用いて解析を行った。従属変数を標準化成長率、独立変数を河川および調査Iにおける釣獲の有無(釣獲個体またはコントロール個体)とし、二元配置分散分析を行った。さらに、河川毎に釣獲個体とコントロール個体の標準化成長率を比較するため、Bonferroniの不等式を利用して多重比較検定を行った。

釣獲個体とコントロール個体で生残を比較した。標識放流後の生残は直接確認することができないため、生残率の指標として再捕率を用いた。河川毎に釣獲個体、コントロール個体それぞれの再捕率を下記の式を用いて算出した。

$$\text{釣獲個体の再捕率} = \frac{\text{釣獲個体の再捕個体数}}{\text{釣獲個体の標識放流数}}$$

$$\text{コントロール個体の再捕率} =$$

$$\frac{\text{コントロール個体の再捕個体数}}{\text{コントロール個体の標識放流数}}$$

解析は従属変数を調査IIでの再捕の有無、独立変数を河川、調査Iにおける尾叉長、調査Iにおける釣獲の有無とし、ロジスティック重回帰分析を行った。

釣獲個体とコントロール個体で釣られやすさを比較した。釣られやすさの指標として、調査IIでの釣られる確率を用い、50mmの尾叉長階級毎に釣獲個体、コントロール個体それぞれの釣られる確率を下記の式を用いて算出した。

$$\text{釣獲個体の釣られる確率} =$$

$$\frac{\text{釣りによって再捕された釣獲個体の個体数}}{\text{釣獲個体の再捕個体数}}$$

$$\text{コントロール個体の釣られる確率} =$$

$$\frac{\text{釣りによって再捕されたコントロール個体の個体数}}{\text{コントロール個体の再捕個体数}}$$

解析は、従属変数を調査IIにおける釣獲の有無(釣獲または電気漁具)、独立変数を調査Iにおける釣獲の有無、河川、調査IIにおける尾叉長、標準化成長率とし、ロジスティック重回帰分析を行った。なお、これらの統計解析には、SPSS 10.0 Jを用いた。

## 結 果

4河川全体で釣獲個体の尾叉長は範囲が85.0~282.5mm、平均値(±標準偏差)が164.0±41.7mm、コン

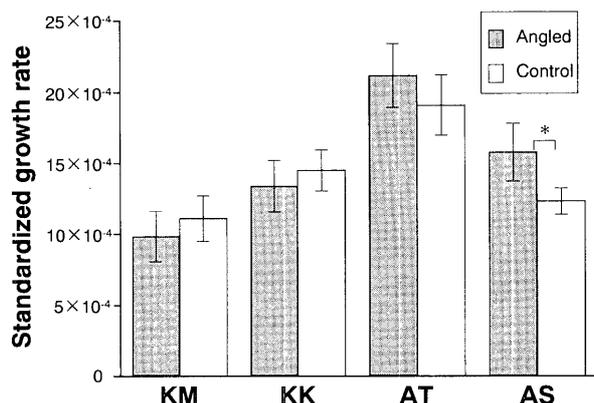


Fig. 2. Standardized growth rates of angled and control white-spotted charr in four streams. Error bars indicate 95% confidence intervals. \* $p < 0.01$

Table 2. Two-factor analysis of variance of the effect of stream, first angling and their interaction on standardized growth rate

Variable	df	MS	F	p
Stream	3	$1.23 \times 10^{-5}$	26.37	<0.0001
First angling*	1	$5.53 \times 10^{-7}$	1.19	0.277
Stream $\times$ First angling	3	$1.35 \times 10^{-6}$	2.90	0.035
Error	475	$4.66 \times 10^{-7}$		

\* angled or control

トロール個体の尾叉長は 80.5~275.0 mm ( $147.4 \pm 40.1$  mm) であった。調査 I における標識個体数および調査 II における再捕個体数を Table 1 に示した。調査 I において、針を食道まで飲み込み、数分後に死亡する個体が見られた。釣獲個体のうち釣獲後数分以内に死亡した個体は 282 個体中 19 個体で、その死亡率は 6.7% (95% 信頼区間: 4.6-10.5%)、尾叉長は 110.0~211.0 ( $165.3 \pm 29.6$  mm) であった。

河川毎の釣獲個体とコントロール個体の標準化成長率の平均値を Fig. 2 に示した。分散分析を行ったところ、河川と釣獲有無の交互作用に有意性が認められた (Table 2)。多重比較の結果、佐助沢 (AS) でのみコントロール個体に比べ釣獲個体の標準化成長率が有意に高かった (Bonferroni-test,  $p < 0.01$ )。本研究の結果からは、釣獲個体の成長率が、コントロール個体の成長率よりも低い傾向は認められなかった。

河川毎の釣獲個体とコントロール個体の再捕率を Fig. 3 に示した。再捕率は 4 河川平均で釣獲個体が 78% (95% 信頼区間: 72-83%)、コントロール個体が 74% (69-79%) であった。再捕率についてロジスティック重回帰分析を行ったところ、河川間にのみ有意差が認められ、尾叉長や釣獲の有無による再捕率の違いは認められなかった (Table 3)。そのため体サイズや釣獲によ

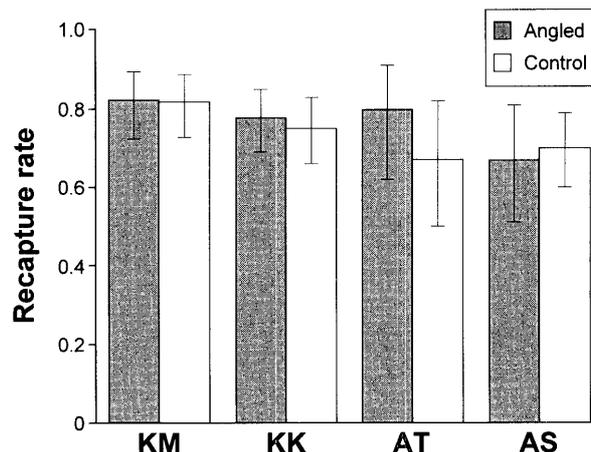


Fig. 3. Recapture rates of angled and control white-spotted charr in four streams. Error bars indicate 95% confidence intervals.

Table 3. Multiple logistic regression analysis of the effect of stream, fork length and first angling on recapture\*

Variable	coefficient	SE	df	p
Stream A**	0.800	0.284	1	<0.005
Stream B**	0.424	0.255	1	0.096
Stream C**	0.203	0.324	1	0.531
Fork length	0.00240	0.00250	1	0.336
First angling***	0.0911	0.200	1	0.648
Constant	0.358	0.459	1	0.436

\* recaptured by angling or electrofishing = 1, not recaptured = 0

\*\* these combinations express four surveyed streams

(Stream A, Stream B, Stream C); KM = (1, 0, 0), KK = (0, 1, 0), AT = (0, 0, 1), AS = (0, 0, 0)

\*\*\* angled = 1, control = 0

って生残率は変化しないことが示された。

尾叉長階級毎の釣獲個体とコントロール個体の釣られる確率を Fig. 4 に示した。釣獲個体、コントロール個体ともに大型個体ほど釣られやすい傾向が認められた。釣られる確率についてロジスティック重回帰分析を行ったところ、河川、尾叉長および標準化成長率に有意差が認められたが、釣獲経験の有無による有意差は認められなかった (Table 4)。よって、釣られやすさは 1 回の釣獲経験に影響されず、大型個体および成長率の高い個体が釣られやすいことが示された。

## 考 察

調査 I での釣獲直後の死亡率は 6.7% であり、これは過去の研究結果と近い値であった。<sup>5-14)</sup>しかし、死亡せずにキャッチアンドリリースが行われた個体については、成長率や生残率の低下は認められなかった。また、釣られやすさは、釣獲経験のある個体と無い個体で同程

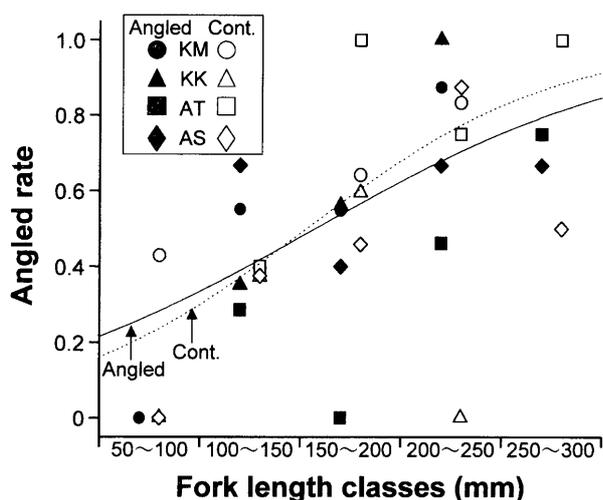


Fig. 4. Relationship between fork length and angled rate at second angling of angled and control white-spotted charr in four streams.

Table 4. Multiple logistic regression analysis of the effect of stream, fork length, first angling and standardized growth rate on second angling\*

Variable	coefficient	SE	df	p
Stream A**	0.776	0.307	1	0.012
Stream B**	0.312	0.284	1	0.271
Stream C**	-0.323	0.383	1	0.399
Fork length	0.0177	0.00299	1	<0.0001
First angling***	-0.147	0.203	1	0.469
Standardized growth rate	289	142	1	0.041
Constant	-3.45	0.615	1	<0.0001

\* recaptured by angling = 1, recaptured by electrofishing = 0

\*\* these combinations express four surveyed streams (Stream A, Stream B, Stream C); KM = (1, 0, 0), KK = (0, 1, 0), AT = (0, 0, 1), AS = (0, 0, 0)

\*\*\* angled = 1, control = 0

度であった。よって、イワナに関しては、キャッチアンドリリースを行うことは資源量減少を抑えるために有効であり、なおかつ釣獲量が変化しないということが示唆された。

釣獲個体の成長がコントロール個体よりも有意に低下することはなかった。一方、佐助沢 (AS) では釣獲個体の成長率はコントロール個体よりも有意に高かった。テラピアでは、何度も釣獲される個体は摂餌率 (胃内容量/体重) × 100 が高いことが報告されている。<sup>17)</sup> そのため、本研究においても、釣獲個体はコントロール個体よりも餌を多く捕食し、摂餌率が高かったかもしれない。

本研究において標識放流する前に死亡する個体が確認された。ほとんどの死亡個体では針が食道にかかり外すのが困難であったため、いけすの中で大量に出血したり

腹部を上にして浮くなどして、短時間のうちに死亡した。一方、ニジマスを用いた実験では、針を飲み込み食道などにかかった場合でも、無理に外さず糸を切れば、2ヶ月後には約6割の個体で針が排泄され、生残率は2倍以上になることが報告されている。<sup>8)</sup> 養殖イワナの飼育実験でも、糸を切ることによる生残率の上昇が確認されている。<sup>2)</sup> そのため、有効なキャッチアンドリリースを行うためには、針を飲み込まれないよう努力し、飲み込まれたら糸を切ってリリースすることが最も効果的であると考えられる。

キャッチアンドリリースされた個体の再捕率は尾叉長と関係がなく、小型個体が有意に死亡しやすいという結果は得られなかった。このような傾向はヤマメ *Oncorhynchus masou*<sup>23)</sup> やサンフィッシュ科<sup>11,24)</sup> でも知られている。そのため、どうせ死んでしまうからという理由で小型個体をリリースせずに持ち帰ることは好ましくないであろう。

本研究では、釣られやすさは釣獲経験の有無と関係あるという確証は認められず、キャッチアンドリリースされた個体が、再び釣獲前と同様に釣りの対象になり得ることが示唆された。この結果は、釣られた個体は釣り針を学習するため二回目の釣りでは釣られにくくなるという説<sup>16)</sup> および釣られた個体は釣られやすい個体であるため二回目の釣りでも釣られやすいという説<sup>17)</sup> のどちらとも異なる結果である。釣られやすさの傾向は種間、個体間によっても異なり、そのメカニズムは非常に複雑であると考えられている。<sup>15,17,25,26)</sup> 本研究では、一度の釣獲経験が釣られやすさに与える影響を調べ、釣獲個体はコントロール個体と同程度に釣られるという結果が得られた。しかし、多数回の釣獲経験がある場合には、学習の効果がみられる可能性もあるので注意が必要だろう。

本研究では、大型個体および成長率の高い個体が釣られやすかった。大型個体が釣られやすかった理由として、釣り針の大きさによる物理的要因があげられる。本研究で用いた釣り針 (溪流9号) は小型個体にとって大きすぎたため、100 mm 未満の個体の釣られる確率が低かった可能性が高い。しかし、100 mm 以上の個体ではそのような影響は小さくなると考えられ、釣り針の大きさだけではこの傾向を説明できない。河川に生息するサケ科魚類では、大型個体は餌が多く流れてくる位置に定位し、餌をめぐる争いにも強く、その結果、摂餌頻度が高いことが知られている。<sup>27)</sup> このことは、大型個体ほど釣られやすい原因の一つであると考えられる。一方、成長率の高い個体が釣られやすかった理由として、成長率の高い個体は代謝率も高いため、<sup>28)</sup> 摂餌頻度が高いことがあげられる。そのため、成長率の高い個体ほど釣られやすかったのかもしれない。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、ご指導していただいた北海道大学菅野泰次教授、北海道立水産孵化場鷹見達也氏、独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所山本祥一郎博士に、感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 中村智幸, 丸山 隆, 渡邊精一. 禁漁後の河川型イワナ個体群の増大日水誌 2001; **67**: 105-107.
- 2) 土居隆秀. キャッチ & リリース後のイワナと針. アクアネット 2000; 41-45.
- 3) Gustavson AW, Wydoski RS, Wedemeyer GA. Physiological response of large mouth bass to angling stress. *Trans. Am. Fish. Soc.* 1991; **120**: 629-636.
- 4) Kieffer JD, Kubacki MR, Phelan FJS, Philipp DP, Tufts BL. Effects of catch-and release angling on nesting male smallmouth bass. *Trans. Am. Fish. Soc.* 1995; **124**: 70-76.
- 5) Pankhurst NW, Dedual M. Effects of capture and recovery on plasma levels of cortisol, lactate and gonadal steroids in a natural population of rainbow trout. *J. Fish Biol.* 1994; **45**: 1013-1025.
- 6) Booth RK, Kieffer JD, Davidson K, Bielak AT, Tufts BL. Effects of late-season catch and release angling on anaerobic metabolism, acid-base status, survival, and gamete viability in wild Atlantic salmon *Salmo salar*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1995; **52**: 283-290.
- 7) Schill DJ, Scarpelia RL. Barbed hook restrictions in catch-and-release trout fisheries: a social issue. *N. Am. J. Fish. Manag.* 1997; **17**: 873-881.
- 8) Schill DJ. Hooking mortality of bait-caught rainbow trout in an Idaho trout stream and a hatchery: implications for special-regulation management. *N. Am. J. Fish. Manag.* 1996; **16**: 348-356.
- 9) Whoriskey FG, Prusov S, Crabbe S. Evaluation of the effects of catch-and-release angling on the Atlantic salmon *Salmo salar* of the Ponoj River, Kola Peninsula, Russian Federation. *Ecol. Freshw. Fish.* 2000; **9**: 118-125.
- 10) DeCicco AL. Mortality of anadromous dolly varden captured and released on sport fishing gear in Alaska. *ISACF Information Series* 1999; **7**: 107-116.
- 11) Nelson KL. Catch-and-release mortality of striped bass in the Roanoke River, North Carolina. *N. Am. J. Fish. Manag.* 1998; **18**: 25-30.
- 12) Bugley K, Shepherd G. Effect of catch-and-release angling on the survival of black sea bass. *N. Am. J. Fish. Manag.* 1991; **11**: 468-471.
- 13) Carbines GD. Large hooks reduce catch-and-release mortality of blue cod *Paraperca colias* in the Marlborough Sounds of New Zealand. *N. Am. J. Fish. Manag.* 1999; **19**: 992-998.
- 14) Malchoff MH, Heins SW. Short-term hooking mortality of weakfish caught on single-barb hooks. *N. Am. J. Fish. Manag.* 1997; **17**: 477-481.
- 15) 米山兼二郎, 松岡達郎, 川村軍蔵. ニジマスの釣られ易さの個体差と釣り針回避学習に及ぼす無給餌期間の影響. 日水誌 1996; **62**: 236-242.
- 16) Beukema JJ. Angling experiments with carp *Crprinus carpio*. II. Decreasing catchability through one-trial learning. *Net. J. Zool.* 1970; **20**: 81-92.
- 17) 米山兼二郎, 八木昇一, 川村軍蔵. ティラピア *Tilapia mossambica* の釣られ易さの個体差. 日水誌 1992; **58**: 1867-1872.
- 18) 可児藤吉. 溪流棲昆虫の生態・「可児藤吉全集全1巻(1970)」思索社, 東京. 1944; 8-17.
- 19) Morita K, Yamamoto S, Hoshino N. Extreme life history change of white-spotted char *Salvelinus leucomaenis* after damming. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2000; **57**: 1300-1306.
- 20) Sokal RR, Rohlf FJ. *Biometry* third edition. W. H. Freeman and Company, New York. 1995; 154-157.
- 21) Ricker WE. Growth and models. In: Hoar WS, Randall DJ, Brett JR (eds) *Fish Physiology*, Vol. VIII: *Bioenergetics and Growth*. Academic Press, New York. 1979; 677-743.
- 22) Yokoyama S. Morphometric analysis and tagging experiments for stock discrimination of cresthead flounder *Pleuronectes schrenki* around Hokkaido. *Fish. Sci.* 1998; **64**: 373-378.
- 23) 鷹見達也, 青山智哉, 川村洋司. サクラマス幼魚の体サイズと死亡との関係. 北海道水産孵化場研報 1999; **53**: 77-80.
- 24) Bettoli PW, Osborne RS. Hooking mortality and behavior of striped bass following catch and release angling. *N. Am. J. Fish. Manag.* 1998; **18**: 609-615.
- 25) 米山兼二郎, 松岡達郎, 川村軍蔵. ティラピアの野生魚と養殖魚の釣られ易さの個体差. 日水誌 1994; **60**: 599-603.
- 26) 米山兼二郎, 増田育司, 川村軍蔵. ティラピア2種 *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus* とその雑種から成る混群内での釣られ易さの個体差. 日水誌 1997; **63**: 166-170.
- 27) Nakano S. Individual differences in resource use, growth and emigration under the influence of a dominance hierarchy in fluvial red-spotted masu salmon in a natural habitat. *J. Anim. Ecol.* 1995; **64**: 75-84.
- 28) Yamamoto T, Ueda H, Higashi S. Correlation among dominance status, metabolic rate and otolith size in masu salmon. *J. Fish Biol.* 1998; **52**: 281-290.