実験池においてキャッチアンドリリースされたイワナ,ヤマメの生残と成長

誌名	栃木県水産試験場研究報告
ISSN	13408585
著者名	土居,隆秀 中村,智幸 横田,賢史 丸山,隆 渡邊,精一 野口,拓史 佐野,祐介 藤田,知文
発行元	栃木県水産試験場
巻/号	48号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1-9
発行年月	2005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

実験池においてキャッチアンドリリースされたイワナ，ヤマメの生残と成長

土居隆秀，[1]中村智幸，[2*]横田賢史，[3]丸山　隆，[4]渡邊精一，
[3]野口拓史，佐野祐介，[4]藤田知文[3]

Hooking Mortality and Growth of Caught and Released Japanese Charr *Salvelinus leucomaenis* and Masu Salmon *Oncorhynchus masou masou* in Experiment Ponds

TAKAHIDE DOI, [1]TOMOYUKI NAKAMURA, [2*]MASASHI YOKOTA, [3]TAKASHI MARUYAMA, [4]SEIICHI WATANABE, [3]HIROFUMI NOGUCHI, YUSUKE SANO, [4]TOMOFUMI FUJITA[3]

[1]Tochigi Prefectural Fisheries Experiment Station, Nasu, Tochigi324−0404, [2*]Freshwater Fisheries and Environment Division, National Research Institute of Fisheries Science, Ueda, Nagano386−0031, [3]Department of Aquatic Biosciences, [4]Department of Marine Environmental Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato, Tokyo108−8477, Japan

Abstract

Mortality and growth of Japanese charr *Salvelinus leucomaenis* and masu salmon *Oncorhynchus masou masou* after the catch and release were examined in experimenal ponds, using hatchery−reared fish which were divided into smaller (<15cm in total length) and larger (>15cm) size groups. When the hooks stuck in the mouth and were removed for both species, the mortality within21days after catch and release was low(0−15.0%)for each size and fishing gear(bait and fly fishing, using barbed hooks). When the hooks of the bait fishing were removed from the esophagus, mortalities were relatively high(66.7%in the smaller sized charr and45.0%in the larger sized salmon). All the fish of both species and both size groups were alive when the hooks of the fly fishing were removed from the mouth, however the mortality was relatively high(40.0%)when the hooks were not removed from the mouth of the larger sized charr. Of all the fish that died,63.0and98.1%died within 3 and 14days after the catch and release, respectively. There was no negative effect of the catch and release on the growth and condition factor of both species and both size groups. These results suggest that catch and release is effective for conserving Japanese charr and masu salmon populations in rivers and lakes when anglers pay attention to the removal of hooks.

キーワード：キャッチアンドリリース，フッキングモータリティー，イワナ，ヤマメ，成長，肥満度，遊漁

目　的

イワナ*Salvelinus leucomaenis*，ヤマメ*Oncorhynchus masou masou*，アマゴ*O. m. ishikawae*は，都道府県の内水面漁業調整規則や漁業協同組合の漁業権行使規則・遊漁規則により漁獲が制限され，資源の維持増大が図られてきた。また，ヤマメ・アマゴは昭和40年代前半から，イワナは同年代後半から，種苗放流がそれぞれ行われている。[1)]さらに最近では，人工産卵場の造成技術も開発され，[2)]いくつかの河川で造成されている。しかし，このような増殖努力にもかかわらず，生息環境の悪化や漁獲圧の増大等により，イワナやヤマメ・アマゴの資源量は減少していると考えられ，最近では遊漁者の要求を満たすだけの資源が河川湖沼に確保されているとは言い難い。

漁獲制限のひとつである体長制限が設定されている水域では，漁業者や遊漁者は制限体長未満の魚を漁獲してはならないし，誤って漁獲した場合には元の水域に速やかに放流しなければならない。また，尾数制限が設定されている場合には，制限尾数を越えた数量の魚を元の水域に戻さなければならない。このように，

[1]栃木県水産試験場，[2*](独)水産総合研究センター中央水産研究所内水面利用部，[3]東京海洋大学海洋生物資源学科，[4]東京海洋大学海洋環境学科

日本では資源維持のために漁獲物の一部を元の水域に戻すという行為が古くから行われてきた。しかし，このような部分的な制限では資源維持の効果が期待できないとして，近年欧米型の資源管理手法のひとつであるキャッチアンドリリースcatch and release，すなわち釣獲したすべての魚を元の水域に戻すという遊漁手法がイワナ，ヤマメ・アマゴ等の在来のサケ科魚類を対象に日本各地で導入されつつある。キャッチアンドリリースでは，釣獲された魚が放流後再び遊漁の対象になるだけでなく，再生産にも寄与することが期待される。[3]在来のサケ科魚類のキャッチアンドリリース漁場は，日本では1995年に北海道の渚滑川においてはじめて設定された。その後，山形県の寒河江川，群馬県の神流川，山梨県の小菅川や道志川，長野県の太田切川，栃木県の男鹿川等で設定され，現在では設定河川数は30以上に及んでいる。[4]

キャッチアンドリリース漁場以外の通常の漁場において制限体長未満の魚や制限尾数を超えた魚を放流する場合でも，キャッチアンドリリース漁場において釣獲された魚をすべて放流する場合でも，放流された魚は本当に生き残っているのであろうか。フッキングモータリティーhooking mortality，すなわち鈎をはずして放流した後の魚類の死亡率については，海外ではサケ科魚類を中心に数多く研究され，カワマス*Salvelinus fontinalis*，[5]レイクトラウト*S. namaycush*，[6,7]大西洋サケ*Salmo salar*，[8,9]ニジマス*Oncorhynchus mykiss*，[10-14]カットスロートトラウト*O. clarki*，[15-18]ギンザケ*O. kisutch*，[19]マスノスケ*O. tshawytscha*[19,20]等について多くの知見がある。また，ニジマスについては日本でも研究されている。[21]しかし，日本在来のサケ科魚類に関しては，イワナについて少数の報告[3,22]があるにすぎず，ヤマメ・アマゴについての知見は見当たらない。釣りは魚に対して，鈎を刺す，激しく暴れさせる，手で掴む，水から上げる等の様々なダメージやストレスを与える。[3]同じサケ科魚類であっても，釣獲によるダメージやストレスに対する反応は種によって異なることは十分に考えられる。したがって，日本において在来のサケ科魚類を対象にキャッチアンドリリースを導入する際には，釣獲放流後の死亡がどのような原因によって生じるかを確認し，死亡率の低い釣り方や鈎はずしの方法等を普及していくことが必要である。

フッキングモータリティーに関する多くの実験は水槽等の人工環境下で行われており，このような実験が自然での状況を的確に反映しているか否かを判断することは難しい。[3]しかし，自然河川での実験は供試魚の回収等において多くの困難を伴う。そこで我々は，イワナとヤマメについて，釣獲方法や鈎がかりの部位，釣獲後の鈎の処理方法等の違いが放流後の生残や成長に与える影響について，小規模なコンクリート製の池を使用して実験的に検討した。

材料および方法

供試魚　イワナ，ヤマメ・アマゴの制限体長は全長15cmに設定されていることが多い。そこで，イワナとヤマメの２種の体サイズを，全長15cm未満の魚（小型魚）と15cm以上（大型魚）の２つの階級に分けて実験を行った。「イワナ小型魚」には，栃木県水産試験場が継代飼育している利根川水系鬼怒川支流蜂ヶ沢産の当歳魚を使用し，「イワナ大型魚」には同系統の１歳魚を使用した。「ヤマメ小型魚」には，実験開始10日前に群馬県の民間養魚場から購入した系統不明の当歳魚を使用し，「ヤマメ大型魚」には実験開始７日前に栃木県の民間養魚場から購入した系統不明の１歳魚を使用した。実験開始時「イワナ小型魚」は標準体長（以下、体長と略す）107±11mm（平均±標準偏差），体重20.3±5.5g（n=19），「イワナ大型魚」は体長177±14mm，体重103.3±25.9g（n=30），「ヤマメ小型魚」は体長125±10mm，体重32.4±8.0g（n=30），「ヤマメ大型魚」は体長168±７mm，体重67.3±9.6g（n=40）であった。

釣獲場所　釣獲作業には，栃木県水産試験場のコンクリート製実験池を使用した。実験池の大きさ（縦×横×水深）は，「イワナ小型魚」では４m×２m×0.3m，「イワナ大型魚」では５m×２m×0.7m，「ヤマメ小型魚」と「ヤマメ大型魚」ではともに６m×３m×0.6mであった。実験池への魚の収容数は，「イワナ小型魚」では800個体，「イワナ大型魚」では600個体，「ヤマメ小型魚」では1,200個体，「ヤマメ大型魚」では800個体であった。実験池には水温16～19℃の地下水をかけ流した。

釣獲方法　釣獲方法として，「餌釣り」と「毛鈎釣り」を行った。「餌釣り」では，ニジマス用の配合飼料とミミズや魚卵(イクラ)，蛾の幼虫（釣り餌名：ブドウ虫），蠅の幼虫(同：サシ)を餌として使用した。鈎には，“かえし(刺さった鈎を魚体から抜けにくくする鈎先の構造，“もどし”，“あご”，“あぎ”とも呼ぶ)”あるいは“半かえし(通常より小さい“かえし”)”付きの渓流釣り鈎(株式会社がまかつ製「渓流」)を使用した。鈎の大きさは，「イワナ小型魚」と「ヤマメ小型魚」では３～５号，「イワナ大型魚」では５号と６

号，「ヤマメ大型魚」では４～６号であった。「毛鉤釣り」では“かえし”付きの鉤（ドライタイプとウエットタイプ）を使用した。鉤の大きさは，両魚種ともに小型魚では＃16と＃18（“＃”は西洋式毛鉤釣り（フライフィッシング）での鉤の大きさを示す），「イワナ大型魚」では＃14と＃16，「ヤマメ大型魚」では＃14であった。なお，「毛鉤釣り」に使用した鉤のメーカー名や製品名は不明である。

「餌釣り」，「毛鉤釣り」ともに，2～４mの餌釣り用の竿に，太さ0.8～１号の釣り糸を１～２m付け，その糸の先に上記の鉤を結んだ。

釣獲後の区分け　鉤のかかった部位を，「口腔」(吻端から咽頭部の前）と「食道」(咽頭部より奥）の２通りに分けた。また，釣獲後の鉤の処理方法を，「鉤除去」(鉤をはずす）と「鉤残留」(鉤をはずさずに釣り糸を切る）の２通りに分けた。鉤をはずす際には，魚体を傷付けないように，水で濡らした手で魚を扱った。また，「食道」にかかった鉤をはずす際には，釣り用に市販されている棒状の“鉤はずし”や小型のプライヤーを使用した。なお，「イワナ大型魚」の「餌釣り」－「口腔」の「鉤除去」と「鉤残留」については，魚体のハンドリング方法の影響を比較するため，「濡手」(水で濡らした手で魚体を掴む）と「塗砂」(魚体に砂をまぶした後に乾いた手で魚を掴む）の２通りを設けた。

魚種（イワナ，ヤマメ），体サイズ（小型，大型），釣獲方法（餌釣り，毛鉤釣り），鉤がかりの部位（口腔，食道），鉤の処理方法（鉤除去，鉤残留），ハンドリング方法（濡手，塗砂。ただし，塗砂は「イワナ大型魚」－「餌釣り」－「口腔」についてのみ）の組み合わせごとに20個体を目標に釣獲した。なお，「毛鉤釣り」では，「食道」に鉤がかりした個体はまれであったため，鉤がかりの部位を「口腔」のみとした。

釣獲した個体は，コンクリート製実験池に使用したものと同じ系統の地下水をかけ流しした容量70Lの円形水槽に，実験区ごとに約20個体を１グループとして収容した。また，魚種と体サイズごとに，釣獲を行ったコンクリート製実験池の収容個体の中から20個体ずつを傷つけないように網ですくい取り，濡らした手で一度掴んだものを対照区として円形水槽に収容した。

生残・成長・肥満度　円形水槽に収容後，21日間無給餌で飼育し，この間の死亡個体数を毎日記録した。

21日後の生残個体のうち，「イワナ小型魚」の「餌釣り」－「食道」－「鉤除去」区および「鉤残留」区とそれらの対照区，「ヤマメ小型魚」，「ヤマメ大型魚」のすべての実験区とそれらの対照区についてはその後60日間給餌飼育し，死亡個体数を毎日記録した。餌として，ニジマス用の配合飼料を適宜与えた。また，これらの個体については，給餌飼育開始時（釣獲後21日目）とその最終日（同81日目）に体長BLと体重BWをそれぞれ１㎜と１g単位で計測した。そして，次の式により肥満度Kを求めた。

$$K=BW/SL^3\times1000$$

実験期間　「イワナ小型魚」は，1998年11月４～12日に釣獲して円形水槽に収容し，1999年２月１日にかけて経過を観察した。「イワナ大型魚」は，1999年６月15～17日と７月１～２日に釣獲と水槽収容を行い，7月23日にかけて経過観察を行った。「ヤマメ小型魚」は，2000年６月28～30日に釣獲と水槽収容を行い，9月19日にかけて経過観察を行った。「ヤマメ大型魚」は，同年11月９～11日に釣獲と水槽収容を行い，2001年１月30日にかけて経過観察を行った。

結　果

21日間の死亡率　「イワナ小型魚」では，釣獲翌日までに「餌釣り」－「食道」－「鉤除去」区において12個体（66.7%），「餌釣り」－「食道」－「鉤残留」区

Table 1. Number of dead individuals after the catch and release in 1998 for the hatchery-reared Japanese charr (<15cm in total length in experimental ponds).

Fishing method	Hooking position	Treatment of hooks	No. of fish	Cumulative no. of dead fish 0*−1	0−3	0−14	0−21	0−81 (days)
Bait	Mouth	Removed	19	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	−
		Remained	17	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	−
	Esophagus	Removed	18	12(66.7)	12(66.7)	12(66.7)	12(66.7)	12(66.7)
		Remained	17	1(5.9)	1(5.9)	1(5.9)	1(5.9)	1(5.9)
Fly	Mouth	Removed	20	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	−
		Remained	19	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	−
Control			20	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1(5.0)

Numerals in parentheses show the cumulative mortalities(%).
*Day when the experiment was started in 1998.

において1個体（5.9%）がそれぞれ死亡した（Table 1）。しかし，これら以外に21日後まで死亡は見られなかった。対照区と比べると，「餌釣り」－「食道」－「鈎除去」区の死亡率は有意に高く（Fisher's exact probability test, $p<0.001$），この区においてキャッチアンドリリースの影響が認められた。また，「餌釣り」－「食道」についてみると，「鈎残留」区に比べて「鈎除去」区のほうが死亡率は有意に高く（$p<0.001$），餌釣りで食道に鈎がかりした場合には，鈎を残留させるよりも除去したほうが死亡率の高いことが示された。

「イワナ大型魚」の通常のハンドリング実験区（「濡手」）についてみると，釣獲翌日まではいずれの実験区でも死亡は見られなかった（Table 2）。しかし，3日後までにいくつかの実験区で死亡が見られ，21日後までに「毛鈎釣り」－「口腔」－「鈎除去」区を除くすべての実験区で1～11個体（5.0～55.0%）が死亡した。21日後までの死亡数は合計36個体であったが，そのうち35個体（97.2%）が14日後までに死亡した。対照区に対して，「餌釣り」－「食道」－「鈎除去」区と「毛鈎釣り」－「口腔」－「鈎残留」区の死亡率はそれぞれ有意に高く（前者では$p=0.020$，後者では$p<0.001$），これらの区においてキャッチアンドリリースの影響が認められた。鈎の処理方法ごとの死亡率を比較すると，「餌釣り」では「口腔」，「食道」ともに「鈎除去」区と「鈎残留」区との間で21日間の死亡率に有意差は認められなかったが（いずれも$p>0.05$），「毛鈎釣り」－「口腔」では「鈎除去」区に比べて「鈎残留」区のほうが死亡率は有意に高かった（$p<0.001$）。また，釣獲方法ごとの死亡率を比較すると，「口腔」－「鈎除去」では「餌釣り」と「毛鈎釣り」の間で有意差は認められなかったが（$p>0.05$），「口腔」－「鈎残留」では「餌釣り」に比べて「毛鈎釣り」が死亡率は有意に高かった（$p=0.031$）。このように，「毛鈎釣り」で「口腔」に鈎がかりした場合には，鈎を残留させたほうが死亡率は高かった。また，「口腔」に鈎を残留させた場合には，「餌釣り」に比べて「毛鈎釣り」のほうが死亡率は高かった。なお，「毛鈎釣り」，「餌釣り」ともに，一部の個体において一般に

Table 2. Number of dead individuals after the catch and release in 1999 for the hatchery-reared Japanese charr (>15cm in total length in experimental ponds).

Fishing method	Hooking position	Treatment of hooks	Handing	No. of fish	Cumulative no. of dead fish 0*－1	0－3	0－14	0－21	(days)
Bait	Mouth	Removed	Wet hand	20	0(0)	0(0)	2(10.0)	3(15.0)	
			With sand**	20	0(0)	0(0)	4(20.0)	4(20.0)	
		Remained	Wet hand	20	0(0)	1(5.0)	2(10.0)	2(10.0)	
			With sand	20	0(0)	3(15.0)	8(40.0)	8(40.0)	
	Esophagus	Removed	Wet hand	20	0(0)	3(15.0)	6(30.0)	6(30.0)	
		Remained		20	0(0)	1(5.0)	1(5.0)	1(5.0)	
Fly	Mouth	Removed	Wet hand	20	0(0)	1(5.0)	1(5.0)	1(5.0)	
		Remained		20	0(0)	2(10.0)	11(55.0)	11(55.0)	
Control				20	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	

Numerals in parentheses show the cumulative mortalities(%).
*Day when the experiment was started in 1999.
**Fish were covered with sand before handling.

Table 3. Number of dead individuals after the catch and release in 2000 for the hatchery-reared masu salmon (<15cm in total length in experimental ponds).

Fishing method	Hooking position	Treatment of hooks	No. of fish	Cumulative no. of dead fish 0*－1	0－3	0－14	0－21	0－81	(days)
Bait	Mouth	Removed	20	0(0)	0(0)	2(10.0)	2(10.0)	2(10.0)	
		Remained	20	1(5.0)	1(5.0)	1(5.0)	1(5.0)	1(5.0)	
	Esophagus	Removed	20	1(5.0)	2(10.0)	2(10.0)	2(10.0)	2(10.0)	
		Remained	20	0(0)	1(5.0)	1(5.0)	1(5.0)	2(10.0)	
Fly	Mouth	Removed	20	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	
		Remained	20	1(5.0)	1(5.0)	1(5.0)	1(5.0)	2(10.0)	
Control			20	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1(5.0)	

Numerals in parentheses show the cumulative mortalities(%).
*Day when the experiment was started in 2000.

“口ぐされ”と呼ばれる症状が鈎がかり部位の周辺に見られた。そこで，死亡した30個体について病理学的検査を行ったところ，7個体（23.3%）から粘液細菌の一種であるサイトファーガ・カラムナリス*Cytophaga columnaris*が分離された。一方，対照区では死亡は見られず，“口ぐされ”症状を示した個体もいなかった。

「ヤマメ小型魚」では，釣獲当日からいくつかの実験区で死亡が見られ，14日後までに「餌釣り」－「口腔」－「鈎除去」区と「餌釣り」－「食道」－「鈎除去」区でそれぞれ2個体（いずれも10.0%），「餌釣り」－「口腔」－「鈎残留」区および「餌釣り」－「食道」－「鈎残留」区，「毛鈎釣り」－「口腔」－「鈎残留」区でそれぞれ1個体（いずれも5.0%）が死亡した（Table 3）。しかし，それ以降21日後まで死亡は見られなかった。対照区を含むすべての区の間で21日間の死亡率に有意差は認められず（$p>0.05$），いずれの釣獲方法や鈎がかりの部位，鈎の処理方法も死亡に影響しないことが示唆された。

「ヤマメ大型魚」では，「餌釣り」－「口腔」では，「鈎除去」区，「鈎残留」区ともに死亡はまったく見られなかった（Table 4）。しかし，「餌釣り」－「食道」では，「鈎除去」区，「鈎残留」区ともに14日後までに死亡が見られ，死亡数は「鈎除去」区において9個体（45.0%），「鈎残留」区において2個体（10.0%）であった。また，「毛鈎釣り」－「口腔」－「鈎残留」区で14日後までに1個体（5.9%）が死亡した。いずれの実験区においても，15日以降21日後まで死亡は見られなかった。対照区に対して，「餌釣り」－「食道」－「鈎除去」区の死亡率は有意に高く（$p=0.001$），この区においてキャッチアンドリリースの影響が認められた。「餌釣り」－「食道」では，「鈎残留」区に比べて「鈎除去」区のほうが死亡率は有意に高く（$p=0.031$），「イワナ小型魚」の場合と同様に，「餌釣り」で「食道」にかかった鈎を除去すると死亡率の高いことが示された。

22～81日間の死亡率　実験区における22日以降81日後までの死亡数は，「ヤマメ小型魚」－「餌釣り」－「食道」－「鈎残留」区における1個体のみであり（Table 3），いずれの魚種・体サイズ・釣獲方法・鈎がかりの部位・鈎の処理方法によっても，死亡数は著しく少なかった。

ハンドリング方法による死亡率の比較　「イワナ大型魚」－「餌釣り」－「口腔」区における，鈎はずし時の魚体の掴み方による21日後の死亡数（Table 2）は，「鈎除去」－「濡手」区で3個体（15.0%），「鈎除去」－「塗砂」区で6個体（30.0%），「鈎残留」－「濡手」区で2個体（10.0%），「鈎残留」－「塗砂」区で8個体（40.0%）であった。「鈎除去」の「濡手」区と「塗砂」区との間および「鈎残留」の「濡手」区と「塗砂」区との間では，いずれも死亡率に有意差は認められなかった（$p>0.05$）。ただし，対照区と「鈎除去」－「塗砂」区ならびに「鈎残留」－「塗砂」区との間にはいずれも死亡率に有意差が認められ（前者では$p=0.020$，後者では$p=0.003$），釣獲されていない個体に比べて釣獲後砂をまぶされて掴まれた個体の死亡率は高かった。

成長・肥満度　「イワナ小型魚」では，21日後，81日後ともに「餌釣り」－「食道」－「鈎除去」区および「鈎残留」区と対照区の3区の間で体長に有意差は認められなかった（Repeated－measures ANOVA：$F_{2,38}=1.10$，$p>0.05$；Fig. 1）。また，21日後に比べて81日後のほうが体長は有意に大きかった（$F_{1,38}=64.99$，$p<0.001$）。肥満度については，21日後，81日後ともに3区の間で有意差は認められず（$F_{2,38}=2.95$，$p>0.$

Table 4. Number of dead individuals after the catch and release in 2000 for the hatchery-reared masu salmon (>15cm in total length in experimental ponds).

Fishing method	Hooking position	Treatment of hooks	No. of fish	Cumulative no. of dead fish 0*－1	0－3	0－14	0－21	0－81	(days)
Bait	Mouth	Removed	20	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	
		Remained	20	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	
	Esophagus	Removed	20	6(30.0)	8(40.0)	9(45.0)	9(45.0)	9(45.0)	
		Remained	20	1(5.0)	2(10.0)	2(10.0)	2(10.0)	2(10.0)	
Fly	Mouth	Removed	16	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	
		Remained	17	0(0)	0(0)	1(5.9)	1(5.9)	1(5.9)	
Control			20	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1(5.0)	

Numerals in parentheses show the cumulative mortalities (%).
*Day when the experiment was started in 2000.

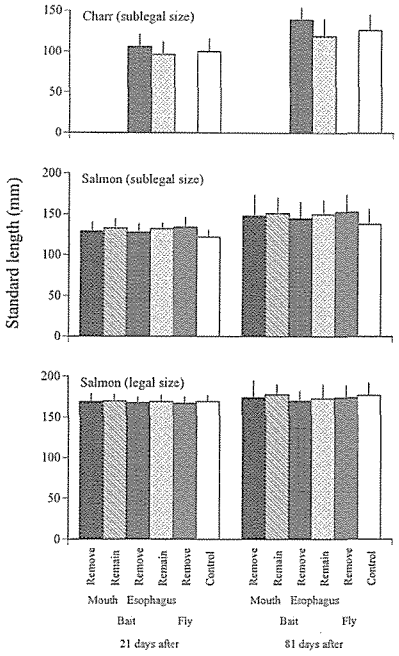

Fig.1. Mean body lengths in standard length of the hatchery−reared Japanese charr (<15cm in total length) and masu salmon (<15cm and≧15cm) after 21days and81days from the day of the catch and release. B：Bait, F：Fly, M：Mouth, E：Esophagus, a：Hook removed, b：Hook remained, c：Control. Vertical bars show the standard deviations.

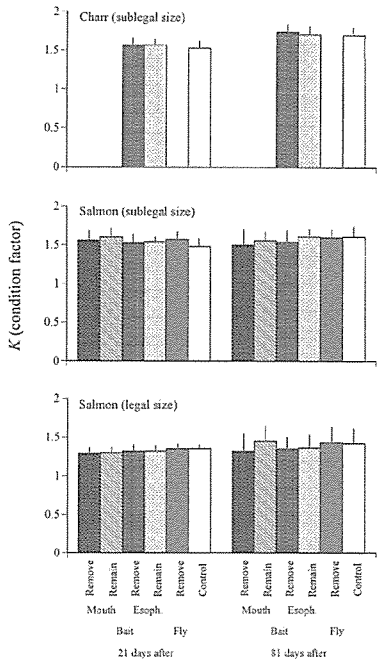

Fig.2. Mean condition factor of the hatchery−reared Japanese charr (<15cm in total length) and masu salmon (<15cm and≧15cm) after21days and81days from the day of the catch and release. Vertical bars show the standard deviations.

05；Fig.2),21日後に比べて81日後のほうが有意に大きかった（$F_{1,\ 38}=46.64, p<0.001$)。このように，「餌釣り」−「食道」−「鈎除去」区および「鈎残留」区ともに，成長と肥満度についてキャッチアンドリリースの影響は認められなかった。

「ヤマメ小型魚」では，釣獲21日後の体長が実験区に比べて対照区において有意に小さく（One−way factorial ANOVA：$F_{5,\ 112}=3.81, p=0.032$；Fig.1)，対照区を含めた成長の解析はできなかった。そこで，実験区についてのみ体長を比較したところ,21日後,81日後ともに区の間で有意差は認められなかった (Repeated−measures ANOVA：$F_{4,\ 93}=1.27, p>0.05$)。また,21日後に比べて81日後のほうが体長は有意に大きかった（$F_{1,\ 93}=54.61, p<0.001$)。肥満度については,21日後,81日後ともに対照区を含むすべての区の間で有意差は認められず($F_{5,\ 112}=1.68, p>0.05$；Fig.2),21日後と81日後の間でも有意差は認められなかった（$F_{1,\ 112}=1.65, p>0.05$)。このように，成長については釣獲方法・鈎がかりの部位・鈎処理の方法による差は認められず，肥満度についてはキャッチアンドリリースそのものの影響が認められなかった。

「ヤマメ大型魚」では,21日後,81日後ともに対照区を含むすべての区の間で体長に有意差は認められなかった（$F_{5,\ 103}=0.58, p>0.05$；Fig.1)。また,21日後に比べて81日後のほうが体長は有意に大きかった($F_{1,\ 103}=15.42, p<0.001$)。肥満度については,21日後,81日後ともに対照区を含むすべての区の間で有意差は認められず（$F_{5,\ 103}=1.84, p>0.05$；Fig.2),21日後に比べて81日後のほうが有意に大きかった（$F_{1,\ 103}=13.63, p<0.001$)。このように，成長と肥満度についてキャッチアンドリリースの影響は認められなかった。

考　察

口腔にかかった鈎を除去して放流した場合の死亡率は，レイクトラウトで0～29%，[6]6.9%，[7]大西洋サケで9.5%，[8]ニジマスで0%，[21]1.9%，[13]カットスロートトラウトで6.0～29.4%[18]であった。我々の研究では，イワナ，ヤマメのいずれの体サイズ群においても，餌釣り，毛鈎釣りのいずれの場合も，口腔にかかった鈎を除去して放流した場合の死亡率は15.0%以下であり，それぞれの実験における対照区との間で有意差がなかった。このことから，口腔にかかった鈎については，除去して放流しても魚の生残にはそれほど影響しないといえる。ただし，イワナ大型魚では，口腔に鈎がかりした場合であっても，魚体を砂にまぶして乾いた手で掴み，鈎を除去した場合には，釣獲していない個体に比べて死亡率は有意に高かった。このことから，口腔にかかった鈎を除去する場合であっても，魚体を地面に落としたり，乾いた手で乱暴に扱ったりして体表を傷付けることがないように配慮する必要があるといえる。

餌釣りで食道に鈎がかりした場合，イワナ小型魚とヤマメ大型魚では，鈎を除去するよりも残留させたほうが死亡率は有意に低かった。同様の現象は，ニジマス[13,21,23]についても報告されており，鈎の除去による出血が死亡の大きな原因であると考えられている。これらの研究では，放流後の生残率の向上のために，食道にかかった鈎については釣り糸を切ることが提唱されている。イワナやヤマメについても同様のことが考えられ，食道に鈎がかりした個体については，鈎を無理に除去せずに，釣り糸を切って放流したほうが生残率は高いといえる。

一般に，餌釣りに比べて毛鈎釣りのほうが鈎はずし放流後の死亡率は低い。[9,24,25]毛鈎を魚体に残留させた場合の死亡率に関する知見は見当たらないが，我々の研究では口腔にかかった鈎を残留させた場合，餌釣りに比べて毛鈎釣りのほうがイワナ大型魚の死亡率は有意に高かった。死亡したイワナ大型魚の一部から粘液細菌の一種が分離されたことから，我々が実験に使用したイワナ大型魚の多くは供試以前からこの細菌を保菌していたものと考えられる。ただし，対照区ではこの細菌による症状や死亡個体は見られなかったことから，実験区では鈎がかりによって傷付けられた部位から細菌が侵入し，疾病が引き起されたものと考えられる。一般に，毛鈎釣りの鈎は餌釣りのそれに比べて軸が太く，“かえし”も大きい。そのため，残留させた鈎が動くたびに傷口が広がり，細菌に感染しやすくなった可能性がある。なお，自然河川におけるイワナの釣獲放流後の死亡率は，毛鈎釣りでは2%以下であった。[22]また，餌釣りでは釣獲直後の死亡率は6.7%であった。[3]これらの死亡率に比べて，本研究における死亡率は全般的に高かった。我々の研究は実験池で行われ，供試魚は養殖魚であった。実験池という人工的な環境下での飼育観察によるストレスや，供試魚が保菌していた細菌の影響により，死亡率の高くなった可能性もある。一方，我々の実験のうち，「ヤマメ小型魚」ではいずれの釣獲方法・鈎がかりの部位，鈎の処理方法でも，死亡率は著しく低かったが，この原因として供試魚がストレスに強かった，あるいは病気に感染しておらず健苗性に優れていた等が考えられる。

本研究により，イワナとヤマメでは，魚体にかかった鈎の処理方法や魚体のハンドリング方法に留意することにより，放流後の生残を向上させられることが示された。また，放流後の成長も特に悪くないことから，キャッチアンドリリースは両種の資源管理手法のひとつとして有効であると考えられる。山本ら[22]も指摘しているように，資源の維持を自然繁殖のみに依存した場合，イワナをはじめとする在来のサケ科魚類の資源量はそれほど多くなく，多数の遊漁者の釣獲と持ち帰りによって資源は急速に枯渇するおそれがある。また，在来個体群（地域自然遺伝子集団）の遺伝的多様性の保全を図るためには，他地域由来の種苗の放流を行うことは望ましくなく，[26]自然繁殖のみでは資源の急激な増大を期待できない。このことから，在来個体群の遊漁利用のためには，キャッチアンドリリースは有効であると考えられる。

今後，キャッチアンドリリース漁場はますます増加するものと考えられる。また，キャッチアンドリリース漁場以外の通常の漁場では，遊漁者は体長制限や尾数制限を遵守しなければならない。いずれの漁場においても，放流する際に魚を殺さないようにする必要がある。そのためには，口腔より奥にかかった鈎については，無理に除去せずに釣り糸を切ったほうが良いことは先に述べた。ただし，この場合に注意しなければならないことがある。それは，久下・新井[21]も指摘しているように，食用とした場合の安全性である。体内に鈎が残留した魚を食べるのは危険である。ニジマスでは，体内に残留させた鈎は5ヶ月を経過してもその

---

*2土居ほか，未発表

多くが排出されず，[21]イワナとヤマメでも釣獲後81日を経ても体内に残留させた鈎の半数以上は排出されなかった。*2キャッチアンドリリース漁場以外の通常の漁場では，遊漁者の多くは食用の目的も含めて魚を漁獲している。また，キャッチアンドリリース漁場であっても，釣獲した魚を持ち帰る遊漁者が存在するであろう。さらに，イワナ，ヤマメ・アマゴは河川内を移動するため，[27,28]キャッチアンドリリース漁場において釣り糸を切られて放流された魚が，鈎を体内に残留させたまま移動し，その他の場所で捕獲されるおそれがある。したがって，釣り糸を切って放流することがすべての場面において最善であるとは言い難い。むしろ，食料としての安全性を考えると，口腔より奥に鈎がかりした魚については，鈎の除去中に口腔より奥や鰓から出血の認められた場合には持ち帰ったほうが良い。ただし，この考えを逆手にとって，わざと魚に鈎を飲み込ませたり，口腔に鈎がかりした魚を口腔より奥に鈎がかりした魚であると主張して持ち帰ってしまう悪質な遊漁者が出現する可能性もあり，この件については今後の課題である。

謝　辞

本研究を行うにあたり，栃木県水産試験場の職員の方々には大変お世話になった。この場をお借りして，御礼申し上げる。

なお，本研究は水産庁の渓流域生態系管理手法開発事業（平成10～14年度）の一環として行われた。

文　献

1）立川　亘，本荘鉄夫．河川放流．「養鱒の研究」(全国湖沼河川養殖研究会編)緑書房，東京．1976；123-137.

2）中村智幸．人工産卵場におけるイワナの産卵と産着卵のふ化．日本水産学会誌1999；65:434-440.

3）坪井潤一，森田健太郎，松石　隆．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．日水誌2002；68:180-185.

4）田中淳志．C&Rによる陸封型鱒類の死亡率　アメリカ合衆国の事例から．「広報ないすいめん」全国内水面漁業協同組合連合会，東京．2003；45-49.

5）Nuhfer AJ, Alexander GR. Hooking mortality of trophy-sized wild brook trout caught on artificial lures. N. Am. J. Fish. Manag. 1992；12:634-644.

6）Persons SE, Hirsch SA. Hooking mortality of lake trout angled through ice by jigging and set-lining. N. Am. J. Fish. Manag. 1994；14:664-668.

7）Loftus, AJ, Tailor WW. An evaluation of lake trout (Salvelinus namaycush) hooking mortality in the upper Great Lakes. J. Fish. Aquat. Sci. 1988；45:1473-1479.

8）Warner K. Hooking mortality of lake-dwelling landlocked Atlantic salmon, Salmo salar. Trans. Am. Fish. Soc. 1978；107:518-522.

9）Warner K, Johnson PR. Mortality of landlocked Atlantic salmon (Salmo salar) hooked on flies and worms in a river nursery area. Trans. Am. Fish. Soc. 1978；107:772-775.

10）Klein WD. Mortality of trout caught on artificial lures and released by fisherman Trans. Am. Fish. Soc. 1966；95:326-328.

11）Barwick DH. Stocking and hooking mortality of planted rainbow trout in Jocassee reservoir, south Carolina. N. Am. J. Fish. Manag. 1985；5:580-583.

12）Dedual M. Observed mortality of rainbow trout caught by different angling techniques in Lake Taupo, New Zealand. N. Am. J. Fish. Manag. 1996；16:357-363.

13）Schill D. 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.

14）Schisler GJ, Bergersen EP. Postrelease hooking mortality of rainbow trout caught on scented artificial baits. N. Am. J. Fish. Manag. 1996；16:570-578.

15）Marnell LF, HunsakerⅡD. Hooking mortality of lure-caught cutthroat trout(Salmo clarki)in relation to water temperature, fatigue, and reproductive maturity of released fish. Trans. Am. Fish. Soc. 1970；4:684-688.

16）Dotson T. Mortalities in trout caused by gear type and angler-induced stress. N. Am. J. Fish. Manag. 1982；2:60-65.

17）Schill DJ, Griffith JS, Gresswell RE. Hooking mortality of cutthroat trout in a catch-and-release segment of the Yellowstone River, Yellowstone National Park. N. Am. J. Fish. Manag. 1986；6:226-232.

18）Pauley GB, Thomas GL. Mortality of anadromous coastal cutthroat trout caught with artificial lures and natural bait. N. Am. J. Fish. Manag. 1993；13:337-345.

19）Gjernes T, Kronlund AR, Mulligan TJ. Mortality of chinook and coho salmon in their first year of ocean life following catch and release by anglers. N. Am. J. Fish. Manag. 1993；13:524-539.

20）Bendock T, Alexandersdottir M. Hooking mortality of chinook salmon released in the Kenai River, Alaska. N. Am. J. Fish. Manag. 1993；13:540-549.

21）久下敏宏，新井正尚．ニジマスの釣獲後の生残率．群馬県農業研究　E水産1993；9:60-61.

22）山本　聡，小原昌和，河野成美，川之辺素一，茂木昌行．野生イワナの毛鉤釣りによるCatch-and-Release後のCPUEと生息尾数の変化．水産増殖2001；49:425-429.

23）Mason JW, Hunt RL. Mortality rates of Deeply hooked rainbow trout. Progre. Fish Cult. 1967；29:87-91.

24）Hunsaker D. Hooking mortality of Yellowstone cutthroat trout. Progre. Fish Cult. 1970；32:231-235.

25）Taylor MJ, White KR. A meta-analysis of hooking mortality of nonanadromous trout. N. Am. J. Fish. Manag. 1992；12:760-767.

26）中村智幸．聞き取り調査によるイワナ在来個体群の生息分布推定．砂防学会誌2001；53:3-9.

27）Nakano S, Kachi T, Nagoshi M. Restricted movement of the fluvial form of red-spotted masu salmon, Oncorhynchus masou rhodurus, in a mountain stream, central Japan. Japan. J. Ichthyol. 1990；37:158-163.

28）Nakamura T, Maruyama T, Watanabe S. Residency and movement of stream-dwelling Japanese charr, Salvelinus leucomaenis, in a central Japanese mountain stream. Ecol. Freshw. Fish. 2002；11:150-157.