

都市近郊の河川におけるサクラマス幼魚の 遊漁による釣獲尾数の推定

安藤 大成,^{1*} 宮腰 靖之,² 竹内 勝巳,² 永田 光博²
佐藤 孝弘,³ 柳井 清治,^{3a} 北田 修一⁴

(2001 年 5 月 10 日受付, 2001 年 8 月 16 日受理)

¹北海道立水産孵化場熊石支場, ²北海道立水産孵化場,

³北海道立林業試験場, ⁴東京水産大学資源育成学科

Estimates of Numbers of Juvenile Masu Salmon *Oncorhynchus masou*
Caught by Recreational Anglers in an Urban Stream

Daisei Ando,^{1*} Yasuyuki Miyakoshi,² Katsumi Takeuchi,² Mitsuhiro Nagata,²
Takahiro Sato,³ Seiji Yanai,^{3a} Shuichi Kitada⁴

¹Kumaishi Research Branch, Hokkaido Fish Hatchery, Hokkaido 043-0402, ²Hokkaido Fish Hatchery, Hokkaido 061-1433, ³Hokkaido Forestry Research Institute, Hokkaido 079-0198, ⁴Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries, Tokyo 108-8477, Japan

To estimate the catch of juvenile masu salmon *Oncorhynchus masou* by anglers in a river which flows in an urban area in central Hokkaido, we randomly surveyed anglers from June to October 1999 using questionnaires and interviews. Total numbers of anglers were estimated using a two-stage sampling design; fishing days were sampled at the first stage, vehicles at the second stage, and numbers of anglers in each vehicle were recorded. Of 21,874 (95% confidence interval: 20,785-22,963) juvenile masu salmon inhabiting the study area in June, we estimated that 14,219 (4,613-23,825) fish were caught by anglers. Our study indicates that the mortality of juvenile masu salmon caused by recreational fishing in an urban area is substantial although the precision of the estimate was not high.

キーワード：アンケート, サクラマス, 釣獲尾数, 2 段階抽出, 遊漁

サクラマス *Oncorhynchus masou* の生活史は通常 3 年であるが, このうち浮上してからスモルト化し降海するまで約 1 年という長い期間を河川内で生活する。現在, 北海道ではサクラマスの資源保護および培養のため, 全ての水産動物の採捕を周年禁止している保護水面 32 河川とサクラマスの幼稚魚 (ヤマメ) だけの採捕を期間限定で禁止している資源保護水面 12 河川の計 44 の禁漁河川が設けられている。サクラマスの資源増大を図るためには, 放流魚および野生魚の河川内での減耗機構を明らかにすることが重要であり, 北海道ではこれまでに保護水面河川を利用し, 分散, 定着, 生残等の調査研究を行ってきた。¹⁻³⁾ これら遊漁規制が設けられてい

る河川とは異なり, ヤマメ釣りを自由に行うことができる河川 (以下, 一般河川と呼ぶ) では, 通常 of 自然死亡や移出, 河川の増水による流失等の自然減耗^{4,5)} の他に, 遊漁による人為的減耗が起こると考えられる。特に, 北海道では当歳魚 (0+ 幼魚) の釣獲尾数を競い合う新仔釣りと呼ばれる遊漁が盛んであるため, 一般河川では遊漁による減耗が大きいのではないかとかねてより懸念されてきた。⁶⁾ しかしながら, 遊漁によってどの程度のサクラマス幼魚が減耗しているのかを直接調べた例はない。

近年の余暇時間の増加につれて, 内水面遊漁者数は着実に増加しており, サクラマス幼魚 (ヤマメ) を含むマ

* Tel : +81-1398-2-2370, Fax : +81-1398-2-2375, E-mail : andod@fishexp.pref.hokkaido.jp

^a 現所属 : 北海道工業大学環境デザイン学科 (Department of Environmental Design, Hokkaido Institute of Technology, Hokkaido 006-8585, Japan)

ス類を対象とする溪流や湖沼での釣りの人気も高まっている。漁業と共通の資源を利用するため、資源管理をする上では遊漁による釣獲量の把握が重要であるとの認識が広まりつつある一方で、遊漁による釣獲量の統計は未だに整備されていないのが実状である。⁷⁾

河川へのアクセスが良好で、しかも入漁料の徴収やライセンス制度のない河川においては、ほとんどの場所で自由に遊漁を楽しむことができるため、遊漁者の総数を把握することが極めて困難であり、このことがサクラマス幼魚の釣獲量の把握をより一層難しくしている。本論文では遊漁が禁止されていない一般河川にサクラマス0+幼魚を放流した後、釣り場への車の乗り入れ台数を調査することによって遊漁者の総数を推定するとともに、釣獲尾数についてのアンケート調査を実施し、これらに基づきサクラマス幼魚の釣獲による減耗尾数を推定した。

調査方法

調査河川の概況 北海道中部に位置する当別町一番川は石狩川水系当別川の一次支流で、流路延長 15.6 km、流域面積 31.2 km² の小規模河川である。一番川は山間部を流れる典型的な溪流であるが、都市部（札幌）から約 50 km と比較的近く、周辺には森林浴を楽しむことができる公園の他、河川に隣接する一番川地区にはオートキャンプ場もあるため、夏になると毎年多くの人が訪れ、溪流釣りも人気のあるレクリエーションとなってい

る (Fig. 1)。

一番川には河口から 5.3 km 上流に魚道のない治山ダム（第1 治山ダム）があり、サクラマス等の下流から遡上してきた魚はこのダムより上流には遡上できない。そのため第1 治山ダムより上流には自然産卵に由来するサクラマス幼魚は生息しないが、これまでに遊漁や研究目的のためサクラマス幼魚の放流が行なわれており、また毎年秋には発眼卵の埋没放流も行なわれているため、これら放流に由来するサクラマス幼魚（0+ 魚を含む）が生息している。

周辺の交通事情により、一番川を訪れる遊漁者の大部分は自家用車を利用すると考えられるが、河口よりこの治山ダムの間には車の駐車場所がほとんどなく、実際に遊漁者やキャンプを目的とした人が入ってくるのは第1 治山ダムより上流の流域である。さらに河口より 13.8 km 上流の登山口付近にも治山ダム（第4 治山ダム）を有しており、車ではこれより上流には行けないため、遊漁者の多くは第1 治山ダムと第4 治山ダムの間で釣りを行っている。そこで、この第1 及び第4 治山ダム間の 8.5 km を調査区間とした。なお、この調査区間内には他に2つの治山ダム（第2、第3 治山ダム）がある。

サクラマス幼魚の放流 1999 年 6 月 8 日、調査区間内 4 箇所にサクラマス 0+ 幼魚計 20,000 尾を放流した。放流した幼魚は尻別川に遡上した親魚に由来し、北海道立水産孵化場森支場で池中継代された池産系サクラ

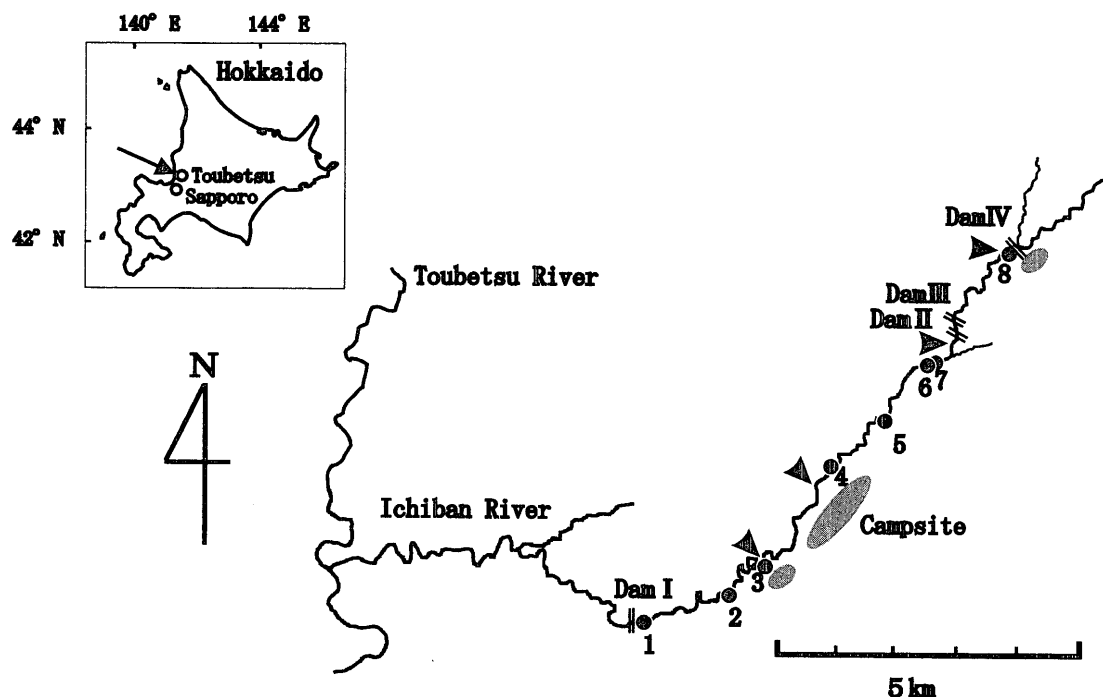


Fig. 1. Location of study area on the Ichiban River, Hokkaido. Dots show the location of sampling sites for juvenile masu salmon. Arrows show the stocking sites in June, 1999. Shaded areas show major parking spots.

マスで1998年秋に採卵後, 同真狩支場において湧水により飼育した魚である。放流魚は全て脂鰭を切除することにより標識を施した。放流直前に測定した供試魚の尾叉長, 体重は(平均値±標準偏差), 6.4 ± 0.7 cm, 3.1 ± 1.1 g(測定個体数200尾)であった。

サクラマス幼魚の生息尾数の推定 放流前の1999年6月7-8日, 放流後の8月10-11日および10月18-19日の計3回, 調査区間におけるサクラマス幼魚の生息尾数を推定し, 個体数変動の把握を試みた。調査区間8.5 kmから100 m単位の8箇所を調査定点として抽出した(Fig. 1)。

各定点におけるサクラマス幼魚の生息尾数は, 2回採捕の除去法により推定した。⁸⁾ 各定点では投網による採捕をした後, 引き続き電気漁具による採捕を行った。1回目の採捕作業で得られたサクラマス幼魚を2-フェノキシエタノールで麻酔した後, 尾叉長を測定し, 尾鰭上葉を切除して標識した。魚を麻酔から十分覚醒させた後, 放流した。翌日には2回目の採捕作業を行い, 得られた未標識魚の尾数を2回目の採捕尾数とした。生息尾数 N の推定値および分散は

$$\hat{N} = \frac{c_1^2}{c_1 - c_2} \quad (1)$$

$$\hat{V}(\hat{N}) = \frac{c_1^2 c_2^2 (c_1 + c_2)}{(c_1 - c_2)^4} \quad (2)$$

により推定した。⁸⁾ ここで, c_1 は1回目の採捕尾数, c_2 は2回目の採捕尾数である。ただし, 式(1)に見られるように, 2回採捕の除去法では2回目の採捕尾数が1回目の採捕尾数と同数あるいはそれより多い場合($c_1 \leq c_2$)には推定値が得られない。

Seber and LeCren⁸⁾は1回の採捕で得られた尾数と他の定点での採集効率から生息尾数を推定する方法を示している。その方法では, 適切な採集効率の値を用いなければ正確な推定値は得られない。河川において, 除去法により魚の個体数を推定する場合, 採集効率は調査場所の物理環境に影響されることが報告されている。^{9,10)} Kruse ら¹¹⁾は調査場所の川幅, 水深, 勾配, 底質, 水中構造物の豊度と採集効率との相関を調べ, これらの変数の中で唯一, 川幅が採集効率と有意な相関を示したことを報告している。そこで, $c_1 \leq c_2$ となった定点(定点a)では, 隣接する同程度の川幅の定点(定点b; この定点では $c_1 > c_2$)での採集効率を用い, 1回目の採捕尾数を採集効率で除して生息尾数を推定した。すなわち, 定点aでの生息尾数 N_a の推定値と分散は(Seber and LeCren⁸⁾ p.636 に示された式の記号を一部改変)

$$\hat{N}_a = \frac{c_{a1}}{\hat{p}_b} = c_{a1} \cdot \frac{c_{b1}}{c_{b1} - c_{b2}} \quad (3)$$

$$\hat{V}(\hat{N}_a) = \frac{\hat{N}_a^2 \hat{q}_b (1 + \hat{q}_b)}{\hat{N}_b \hat{p}_b^3} + \frac{\hat{N}_a \hat{q}_b}{\hat{p}_b} + \frac{\hat{N}_a \hat{q}_b^2 (5 + \hat{q}_b)}{\hat{N}_b \hat{p}_b^4} \quad (4)$$

ここで, $\hat{q}_b = 1 - \hat{p}_b$, p_b は定点bでの採集効率, N_b は定点bでの生息尾数, c_{a1} は定点aでの1回目の採捕尾数, c_{b1} および c_{b2} は定点bでの1回目および2回目の採捕尾数を示す。

調査区間におけるサクラマス幼魚の生息尾数は, Hankin¹²⁾が示した計算式を用い, 抽出した8定点における幼魚の生息密度(尾/m)の平均値を調査区間の流路距離で引き延ばすことによって推定した。なお, 各定点とも放流後の8月と10月は, 放流魚と放流前から生息していた魚を区別せずにまとめて生息尾数の計算を行い, 調査区間内のサクラマス幼魚の生息尾数を推定した。

遊漁によるサクラマス幼魚の釣獲尾数の推定 遊漁によるサクラマス幼魚の釣獲尾数は, 期間中の延べ遊漁者数に1人1日あたりの平均釣獲尾数を乗じることによって推定できる。しかし, 実際には延べ遊漁者数を直接調べるのは困難であるので, 調査日を1次抽出単位, 車を2次抽出単位とみて2段階抽出の場合の総数推定法に従い,^{13,14)} 延べ遊漁者数の推定を試みた。すなわち, サクラマス幼魚を放流した6月8日から釣りシーズンがほぼ終わりを迎える10月19日までの134日間を調査の対象とし, そのうち7月3-5日, 8月7-9日, 9月4-5日, 10月16日の計4回延べ9日間を調査日として抽出した(1段階目)。調査日の曜日の内訳は, 平日2回, 土曜日4回, 日曜日が3回であった。ここで, 河川を訪れる遊漁者数は平日に比べて土曜日, 日曜日や祝日に多いと予測される(以下, 日曜日と祝日をあわせて休日と呼ぶ)。そこで, 遊漁者数と釣獲尾数の推定にあたって平日, 土曜日, 休日で層別をして計算を行うこととした。

調査日には日の出から日没までに現地において訪れた車の総数を実際に調べ, そのうち一部の車を抽出し(2段階目), 乗車していた遊漁者数を記録した。遊漁者数の推定に用いる記号を次のように定める。

X : シーズン中の遊漁者数(推定する)

M_i : 調査日 i の車の総数

m_i : M_i のうち来訪目的を聞き取りした車の台数

x_{ij} : 調査日 i の j 番目の車に乗っていた遊漁者数

D : 調査を実施したシーズン中の日数(既知)

d : 聞き取り調査を行った日数

シーズン中の遊漁者数 X は

$$\hat{X} = \frac{D}{d} \sum_{i=1}^d \frac{M_i}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} \quad (5)$$

で推定した。 $\hat{X}$ の分散は

$$\hat{V}(\hat{X}) = \left(\frac{D}{d} \right)^2 \sum_{i=1}^d M_i^2 \frac{M_i - m_i}{M_i - 1} \frac{\hat{\sigma}_i^2}{m_i} + D^2 \frac{D - d}{D - 1} \frac{\hat{\sigma}_b^2}{d} \quad (6)$$

で推定される。ここで $\hat{\sigma}_i^2$ は車間(日内)の遊漁者数の分散 σ_i^2 の不偏推定量であり,

$$\hat{\sigma}_i^2 = \frac{1}{m_i - 1} \sum_{j=1}^{m_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad (7)$$

で推定した。ここで、

$$\bar{x}_i = \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} / m_i$$

である。また、 $\hat{\sigma}_b^2$ は日間の遊漁者数の分散 σ_b^2 の不偏推定量であり、

$$\hat{\sigma}_b^2 = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d (\hat{X}_i - \hat{X})^2 - \frac{d-1}{d^2} \sum_{i=1}^d M_i^2 \frac{M_i - m_i}{M_i - 1} \frac{\hat{\sigma}_i^2}{m_i} \quad (8)$$

で推定する。ここで、

$$\hat{X}_i = M_i \bar{x}_i, \hat{X} = \sum_{i=1}^d \hat{X}_i / d$$

である。なお、釣獲尾数という言葉には釣り上げた魚の総数 (catch) を指す場合と釣った魚をキープし、持ち帰った魚の尾数 (harvest) を指す場合が考えられるが、以下、特に断りがない場合には持ち帰った尾数 (harvest) のことを釣獲尾数と呼ぶことにする。

遊漁者 1 人あたりのサクラマス幼魚の釣獲尾数を調べるため、一番川流域 4 箇所アンケート用紙とそれを回収する野外ポストを設置した。このアンケートは遊漁者の自己申告、自由意志によるポスト投函方式であり、調査項目は 1) 日付、2) サクラマスの総釣獲尾数 (catch)、3) リリース尾数とし、さらに 4) 溪流釣りに対する意識調査についての項目をいくつか付け加えた。

遊漁者 1 人あたりのサクラマス幼魚の平均釣獲尾数と分散は

$$\bar{y} = \frac{1}{l} \cdot \sum_{h=1}^l y_h \quad (9)$$

$$\hat{V}(\bar{y}) = \frac{\sum_{h=1}^l (y_h - \bar{y})^2}{l(l-1)} \quad (10)$$

で推定した。ここで、 y_h は h 番目の遊漁者のサクラマス幼魚の釣獲尾数、 l はアンケートの回答数である。

次に、調査期間中の遊漁によるサクラマス幼魚の釣獲尾数 T を

$$\hat{T} = \hat{X} \cdot \bar{y} \quad (11)$$

で推定し、分散はデルタ法を用い、

$$\hat{V}(\hat{T}) \approx \bar{y}^2 \hat{V}(\hat{X}) + \hat{X}^2 \hat{V}(\bar{y}) + 2\bar{y}\hat{X} \text{Cov}(\bar{y}, \hat{X}) \quad (12)$$

により推定した。¹⁵⁾ ここでは $\bar{y}$ と $\hat{X}$ をそれぞれ別の標本から推定するので、 $\text{Cov}(\bar{y}, \hat{X})$ は実際には 0 である。

このアンケートに答えた遊漁者はすべて異なる個人であり、各々の層は独立である。従って、平日と土曜日、休日を分けて推定値と分散を計算し、それぞれの推定値および分散を合計して調査期間全体のサクラマス幼魚の釣獲尾数とした。また、95% 信頼区間は、 $\hat{T} \pm 1.96 \sqrt{\hat{V}(\hat{T})}$ により推定した。

結 果

サクラマス幼魚の生息尾数の推移 各定点における放流直前の 6 月の生息密度は 0.04~0.50 尾/m であったのに対し、放流後の 8 月の生息密度は 0.08~0.96 尾/m であり放流場所近辺の定点では比較的高くなっていった。しかし、10 月の調査での生息密度は 0~0.18 尾/m となり、いずれの定点も生息密度は大きく減少した (Table 1)。

調査区間内のサクラマス幼魚の生息尾数 (括弧内は 95% 信頼区間) は放流直前には 1,874 尾 (785-2,963) と推定された。従って 6 月の放流時には 20,000 尾の放流魚と合わせて 21,874 尾 (20,785-22,963) の魚が生息していたと推定される。8 月および 10 月の生息尾数はそれぞれ 4,730 尾 (2,640-6,819)、594 尾 (194-994) と推定され、調査期間中に大きく減少した (Fig. 2)。

Table 1. Numbers of juvenile masu salmon captured and estimates of removal method in each 100-m reach in the Ichiban River in 1999

Sampling site	Mean stream width (m)	June			August			October		
		Number of fish captured		Estimated number of fish	Number of fish captured		Estimated number of fish	Number of fish captured		Estimated number of fish
		1st pass	2nd pass		1st pass	2nd pass		1st pass	2nd pass	
St. 1	12.9	10	5	20	4	2	8	3	0	3
St. 2	9.5	2	1	4	16	4	21	1	1	3*2
St. 3	9.1	29	12	50	49	24	96	6	4	18
St. 4	9.6	3	4	6*1	21	9	37	4	1	5
St. 5	10.0	15	8	32	18	7	30	5	1	6
St. 6	8.1	24	12	48	26	16	68	0	0	0
St. 7	7.1	7	3	12	40	23	94	4	0	4
St. 8	6.4	3	1	5	65	19	92	7	4	16

*1 Estimate from single pass catch using capture efficiency in St. 5.

*2 Estimate from single pass catch using capture efficiency in St. 3.

放流したサクラマス0+魚の平均尾叉長±標準偏差は8月が 9.2 ± 1.3 cm (測定個体数 210 尾), 10 月は 12.0 ± 1.1 cm (測定個体数 29 尾)であった。

アンケート調査による釣獲尾数の推定 期間中に回収されたアンケートは延べ 122 件であったが, これらの中には未記入や解析に適さないと判断された回答が 23 件あり, 有効回答数は 99 件となった。アンケートに記されたサクラマス幼魚の総釣獲尾数 (catch) の平均は平日で 11.5 尾, 土曜日 16.6 尾, 休日 15.6 尾であり, 土曜日が最も多く釣られていた。総釣獲尾数の範囲も平日は 0~35 尾であったのに対して, 土曜日, 休日は 0~125 尾であり, その分散も平日より大きかった。持ち帰った尾数の平均, 分散も総釣獲尾数と同様の傾向を示していた。リリース率は平日が 48.1% であったのに対し, 土曜日が 50.7%, 休日が 59.1% となり, 休日が最も高かった (Table 2)。1 人あたりの釣獲尾数を月別にみると, 6 月から 7 月にかけて釣獲尾数が増え, 7 月に最高となった後, 徐々に減少した。リリース率は月を追うごとに減少した (Fig. 3)。

現地での聞き取り調査では, 実際に現地で計数した車の台数は計 963 台であり, 来訪の目的を聞き取り調査できた台数は 707 台であった。このうち, 遊漁目的で一番川に来たのは 107 台であり, この 107 台の車には 221 人の乗車人数が確認できた。そのうち遊漁者は 153

人であり, 車 1 台あたりの遊漁者の乗車人数は 1.4 人であった。平日, 土曜日, 休日を別に見ると, 釣りに来た車の割合は土曜日が最も高くなっていたが, 1 台あたりに乗車していた平均遊漁者数は 1.3~1.5 人と大きな差は見られなかった (Table 3)。

これら情報を基に遊漁者数と釣獲尾数の推定を行ったところ, 1 日あたりの平均遊漁者数は平日の 10.6 人に対して土曜日は 22.8 人, 休日は 32.5 人と差が見られた。また, 釣獲尾数 (括弧内は 95% 信頼区間) は平日 5,811 尾 (0~13,319), 土曜日 3,544 尾 (892~6,196), 休日 4,864 尾 (0~10,237) となり, これらを合計したシーズン中の釣獲尾数は 14,219 尾 (4,613~23,825) となった。したがって, 調査開始当初の生息尾数のうち, 遊漁により 65.0% が釣獲されたものと推定された (Table 4)。

考 察

本論文では, 遊漁が禁止されていない北海道の一河川にサクラマス幼魚を放流した後, 遊漁による釣獲尾数の推定を試みた。調査河川とした一番川は都市近郊に位置しており, 人の出入りが激しく遊漁が盛んに行われているため, 典型的な都市近郊型河川と考えられる。

釣獲が個人単位で行われ, 釣獲魚の市場への集荷が行われない国内の内水面遊漁では, 遊漁者数や釣獲量を調査する際に, 入漁券の発券数^{16,17)}やびく調査 (クリールセンサス)¹⁸⁾を利用することが多い。このうちクリールセンサスは多大な時間と労力を要するが, 精度の高い方法であると考えられてきた。¹⁹⁾ 国外においても釣獲量の調査方法は盛んに研究され,²⁰⁾ 調査員がいくつかの定点において調査中に釣りを終えた遊漁者数とその釣獲数を記録する access point survey や, 釣り場が多い場合や釣り人の移動が予想される場合には調査員も釣り場を移動しながら遊漁者数と釣獲尾数の記録を繰り返す roving creel survey といった調査方法がよく知られている。これらの方法は遊漁者の計数にボートを使用したり, 橋, マリーナ等のアクセスしやすく人数を把握しやすい場所を利用するのが一般的である。²¹⁾

これに対し北海道でのヤマメ (サクラマス幼魚) 釣り

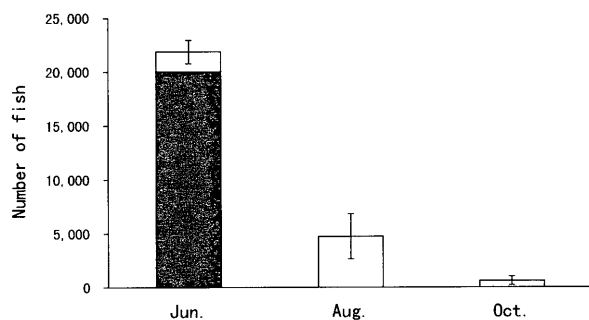


Fig. 2. Estimate and SE of number of juvenile masu salmon in the study area of Ichiban River during 1999. □, Estimated number of fish in the study area. ■, Stocked fish in June, 1999.

Table 2. Number of questionnaires collected and juvenile masu salmon caught and harvested in the Ichiban River in 1999

Stratum	Questionnaires	Catch per angler			Harvest per angler			Release* rate (%)
		Average	SD	Range	Average	SD	Range	
Weekday	36	11.5	1.7	(0- 35)	6.0	1.4	(0- 35)	48.1
Saturday	29	16.6	4.6	(0-125)	8.2	2.4	(0- 50)	50.7
Sunday and holiday	34	15.6	4.8	(0-125)	6.5	3.3	(0-110)	59.1
Total	99	14.5	2.2	(0-125)	6.8	1.4	(0-110)	53.1

* Number of fish released/number of fish caught.

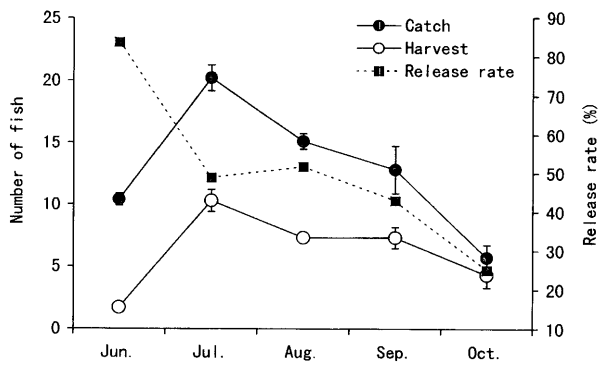


Fig. 3. Mean number of juvenile masu salmon caught and harvested by anglers in the Ichiban River in 1999. Vertical bars show standard errors.

の場合は遊漁券のような人数を把握できる資料は無く、調査範囲の大部分は見通しの限られた森林の中の溪流であり、釣り人の移動もかなりの広範囲にわたるため、延べ遊漁者数や釣獲尾数を把握するのに上述した従来の方法を用いることは困難である。そのため本調査では、2段抽出のサンプリング方法を利用し、車を抽出単位とすることで遊漁者数を推定し、これとは別のアンケート調査から1人あたりの釣獲尾数を計算することによりシーズン中の遊漁による釣獲尾数の推定が可能となった。

釣獲尾数の推定にあたっては、平日、土曜日、休日で層別をした。これは曜日によって訪れる遊漁者数が大きく異なると考えられたためである。調査区域内ではオートキャンプ場の管理人により、毎日1回1時刻(9:00~11:00)、河川沿いに停車していた車の台数が業務日誌に記録されており、その記録を見ても休日や土曜日は

Table 3. Number of vehicles and anglers counted in on-site survey in the study area

Date	Day of the week	On-site survey					
		Number of vehicles			Number of people		
		Total	In survey	Fishing*	Total	Anglers	Anglers per vehicle
3 July	Saturday	112	86	13(15.1)	27	15	1.2
4 July	Sunday	96	61	5(8.2)	9	8	1.6
5 July	Monday	34	24	1(4.2)	1	1	1.0
7 August	Saturday	117	69	15(21.7)	36	24	1.6
8 August	Sunday	236	162	20(12.3)	49	28	1.4
9 August	Monday	101	87	13(14.9)	29	17	1.3
4 September	Saturday	118	103	16(15.5)	23	21	1.3
5 September	Sunday	123	89	19(21.3)	40	32	1.7
16 October	Saturday	26	26	5(19.2)	7	7	1.4
Weekday total		135	111	14(12.6)	30	18	1.3
Saturday total		373	284	49(17.3)	93	67	1.4
Sunday and holiday total		455	312	44(14.1)	98	68	1.5
Total		963	707	107(15.1)	221	153	1.4

* Number (percentage in parentheses) of vehicles surveyed with fishing as the primary objective for their occupants.

Table 4. Estimated number of anglers and fish harvest from June to October 1999

Stratum	Days	Anglers						Harvest		
		Estimate	Daily (average* ¹)	Variance			95 percent confidence interval	Estimate	Variance	95 percent confidence interval
				Total Var.	Among-vehicles Var.* ²	Among-days Var.* ³				
Weekday	92	973	(10.6)	356,224	10,043	346,181	(0-2,143)	5,811	14,673,417	(0-13,319)
Saturday	19	434	(22.8)	11,453	1,354	10,099	(224- 643)	3,544	1,830,615	(892- 6,196)
Sunday and holiday	23	748	(32.5)	33,961	4,471	29,490	(387-1,110)	4,864	7,514,790	(0-10,237)
Total	134	2,155	(16.1)	401,638	15,868	385,770	(913-3,397)	14,219	24,018,822	(4,613-23,825)

*¹ Estimated number of anglers per day.

*² Among-vehicles Var., variance accounts for the variation of anglers among vehicles within a day (1st term of Eqn. 6).

*³ Among-days Var., variance accounts for the variation of anglers among days (2nd term of Eqn. 6).

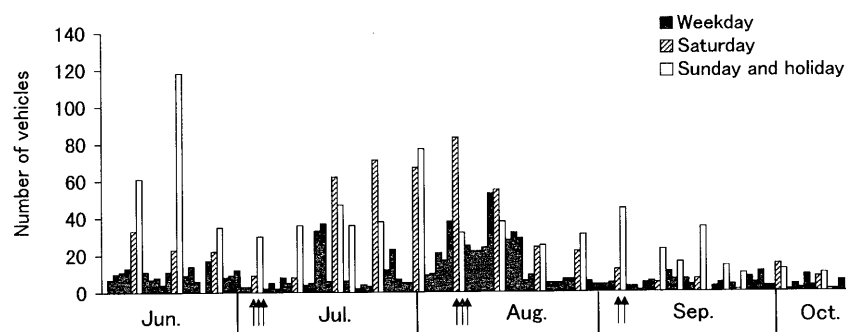


Fig. 4. Number of vehicles recorded in the daily logbook around the Ichiban basin. Vehicles were counted by the clerks at the campsite once per day. Arrows show the surveyed days.

平日に比べて釣り場への乗り入れ台数が多いことがわかる (Fig. 4)。層別をしない場合には平日の遊漁者数が過大に評価され、釣獲尾数も過大に評価されてしまうものと考えられる。釣獲尾数の推定精度を層ごとに見ると、平日が最も低く、次に休日、土曜日の順となった。平日で特に推定精度が低いのは遊漁者数の分散が大きいためである。遊漁者数の全分散のうち、日間分散 (式 (6) の第 2 項) の占める割合が相当大きかった (Table 4)。これは調査日数が少ないためであり、日数を増やすことにより推定精度を向上させられるものと考えられる。

また、十分な調査日数が得られるならば、時期別 (月ごとなど) に層別することも検討する余地がある。アンケートから得られた 1 人あたりの釣獲尾数は時期的に変化した (Fig. 3)。これには魚の生息密度やサイズが関わっているものと考えられる。すなわち、6 月には釣りの対象とならない小型の魚が多いが、放流魚の多くが釣りの対象となるサイズに成長した 7 月に 1 人あたりの釣獲尾数はピークとなり、その後は生息尾数の減少とともに釣獲尾数も減少する。釣獲尾数が少なくなった秋には魚のサイズも大きくなっており、遊漁者は釣った魚のほとんどを持ち帰ったものと推察される。このように、釣獲尾数が時期的に変化したことに加え、Fig. 4 からは学校が夏休みの期間には平日であっても多くの車が調査河川を訪れていることが読み取れる。これらのことから、時期別層別が推定精度の向上に有効である可能性が高い。

釣獲量調査の場合には引き延ばしの単位努力量として人数と時間 (angler-hour) を用いるのが普通であるが、本調査では長期にわたり回収されたアンケートが遊漁者の自由意志による投函方式であり、釣獲時間の長短やその他、天候や河川の水量といった気象条件の違いを区別せずに処理している。そのため得られた平均釣獲尾数には時間的、環境的要素が入っているものと考え処理を行った。したがって、個々人の釣獲時間の長短は考慮せず

に、長時間釣りを行った遊漁者も短時間しか釣りを行わなかった遊漁者も同じ 1 人として引き延ばしを行った。

さらに、アンケートを使用した調査における問題点として、アンケートを投函した人と拒絶した人とで釣獲尾数やリリース率に違いが存在していた可能性がある。その他にも、回答そのものの偏りとして記憶のあいまいさ、数のごまかし、種の誤認、調査に対する警戒からの虚偽、質問の取り違え等が考えられ、これらの偏りを少なくするために遊漁者と調査員が向かい合ったインタビュー方式が提案されている。²⁰⁾ データの質を向上させるためには今後このような方法も検討する必要がある。

本研究で行った釣獲尾数の推定では、6 月の生息尾数の半数以上にあたる 65.0% が 10 月までに遊漁によって釣獲されたと推定された。一方、河川調査より推定した生息尾数では 6 月から 10 月までに 97.3% が減少しており、両者には大きな差が認められた。一般河川でのサクラマス幼魚の減耗要因として遊漁以外にも自然死亡や調査区間外への分散 (逸散)¹⁻⁵⁾ が考えられるが、釣獲圧が激しい河川では常に魚が河川から持ち去られているため、自然死亡と遊漁による減耗を別々に把握することは不可能である。アンケート結果からは釣られたサクラマスの 53.1% がリリースされたとの結果が得られたが (Table 2)、今回得られた回答 99 件のうち 8 割以上はイクラ、ブドウ虫等を用いた餌釣りであった。釣られた魚のリリース後の死亡率はカットスロートトラウトでは、フライやルアーを使用し複数回のキャッチアンドリリースがなされた場合でも 3% 程度であると報告されているが、²²⁾ 体長 15 cm 以下のニッコウイワナでは、餌釣りでも魚を釣り上げて食道内に掛かった針をはずした場合、リリース後の致死率は 66.7% と高くなることが報告されている。²³⁾ またニジマスでは深く飲み込んだ針をはずした場合やルアーでも体力を消耗させて釣り上げた場合には致死率が 82~95% と非常に高率になることが知られている。^{24,25)} 魚種や体長が違うため、これらの数値をサクラマス幼魚にも単純に当てはめることはできな

いが、これらの例のように釣獲後にリリースされた個体でもその後の致死率が高いことが予想され、その結果、推定された釣獲尾数と生息尾数の減少に大きな差が生じた可能性も考えられた。

これらのことより河川調査から推定した生息尾数の減少を全て遊漁によるものと考えすることはできない。また、調査日数の少なさから推定精度も十分とは言えないことも確かである。しかし、一番川では現地調査やアンケート調査の結果、多くの遊漁者が訪れてサクラマス幼魚を釣っており、都市近郊の一般河川では遊漁がサクラマス幼魚の減耗の大きな要因になっている可能性が考えられた。沿岸漁業資源の増加を目的としてサクラマスの0+稚魚を放流する場合、禁漁措置のとられている保護水面河川では有効な増殖手段となり得る可能性が報告されている。²⁶⁾ しかしながら、今回の結果からは都市近郊の一般河川においては釣獲圧が激しいため、増殖効果は低いものと考えられる。

アンケート調査で行った遊漁者の意識調査によると、溪流の魚を増やすためには稚魚の定期的な放流や釣獲魚の体長制限など、何らかの措置が必要と感じている人も多い。²⁷⁾ 交通網の発達、余暇時間の増大、森林レクリエーションの多様化に伴う内水面遊漁者の増加に加え、サクラマス資源量の減少している現在、漁業と遊漁の双方の立場から、遊漁に関する新たなルール作りが必要と考えられる。また、研究機関によりサクラマス幼魚の釣獲量調査が随時行われていないことも問題である。本論文では推定精度の点において問題が残ったものの、他の都市近郊型河川においても同様の解析手法が使用可能であると思われる。上記問題点を踏まえた上で釣獲尾数推定の精度向上を図ることにより、正確な資源のモニタリング調査を行っていくことが今後の課題である。

謝 辞

研究を進めるにあたり神奈川県庁農政部水産課の今井利為氏より有益な御助言を賜ると共に貴重な文献を提供して頂いた。また放流前の魚体測定では北海道立水産孵化場の青山智哉氏の手を煩わせた。放流作業では道民の森建設事務所の中川鴻一所長はじめ職員各位に協力して頂いた。また、北海道立林業試験場の福地稔氏、佐藤弘和氏、長坂晶子氏、長坂有氏には河川調査を行うにあたり多大な御協力を頂いた。一番川地区オートキャンプ場の小窪恒久氏、梅村芳彦氏には業務日誌を閲覧させて頂くと共に本調査に便宜を図って頂いた。Pacific Biological StationのJames R. Irvine博士には英文を校閲していただいた。以上の皆様方に深く感謝し、厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 永田光博, 宮本真人, 外崎 久. 河川に放流した池産サクラマス幼魚 *Oncorhynchus masou* (Brevoort) の個体群動態. 北海道立水産孵化場研報 1984; **39**: 1-17.
- 2) 真山 紘, 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・ますふ化場研報 1992; **46**: 1-156.
- 3) 大森 始, 岩見俊則, 小島 博. 池中継代飼育サクラマス幼魚の放流後の分散と成長. 北海道立水産孵化場研報 1992; **46**: 23-29.
- 4) 松川 洋, 石田昭夫, 田中哲彦. 人工ふ化サクラマス稚魚の河川放流に関する研究-2報, 目名川支流三之助沢川における分散と定着についての観察. 北海道さけ・ますふ化場研報 1971; **25**: 19-27.
- 5) 坂本博幸, 青山智哉, 畑山 誠, 鷹見達也, 北村隆也. 見市川に放流した池中継代サクラマス稚魚の成長及び生残. 魚と水 1994; **31**: 145-155.
- 6) 杉若圭一. 放流サクラマス稚魚の生残率と遊漁の関係. 魚と水 1992; **29**: 27-31.
- 7) 北田修一. 遊漁の評価. 「栽培漁業と統計モデル分析」. 共立出版, 東京, 2001; 207-231.
- 8) Seber GAF, LeCren ED. Estimating population parameters from catches large relative to the population. *J. Anim. Ecol.* 1967; **36**: 631-643.
- 9) Peterson NP, Cederholm CJ. A comparison of the removal and mark-recapture methods of population estimation for juvenile coho salmon. *N. Am. J. Fish. Manag.* 1984; **4**: 99-102.
- 10) Thompson PD, Rahel FJ. Evaluation of depletion-removal electrofishing of brook trout in small Rocky Mountain streams. *N. Am. J. Fish. Manag.* 1996; **16**: 332-339.
- 11) Kruse CG, Hubert WA, Rahel FJ. Single-pass electrofishing predicts trout abundance in mountain streams with sparse habitat. *N. Am. J. Fish. Manag.* 1998; **18**: 940-946.
- 12) Hankin DG. Multistage sampling designs in fisheries research; application in small streams. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1984; **41**: 1575-1591.
- 13) Kitada S, Taga Y, Kishino H. Effectiveness of a stock enhancement program evaluated by a two-stage sampling survey of commercial landings. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1992; **49**: 1573-1582.
- 14) 北田修一, 岸野洋久, 多賀保志. 2段抽出の市場調査による種苗放流効果の推定. 日水誌 1993; **59**: 67-73.
- 15) 北田修一. 遊漁船の標本調査による遊漁釣獲量の推定方法. 日水誌 1993; **59**: 75-78.
- 16) 田中 実, 白石芳一. 日光湯ノ湖における水産開発のための基礎研究. 第五報一湯ノ湖における解禁日の釣獲尾数の推算. 淡水研報 1964; **14**: 77-90.
- 17) 北田修一. サンプリングによる遊漁釣獲量の推定. 栽培資源調査検討資料12. 日本栽培漁業協会, 東京, 1996; 1-30.
- 18) 石田力三. ヤマメ釣りにおけるスモルト化稚魚の混獲率について. 昭和56年度「近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究」(マリーナランディング計画) プログレス・レポート, サクラマス(2), 北海道さけ・ますふ化場, 札幌, 1982; 45-47.
- 19) 小野寺好之. クリール・センサスにおける漁獲量の比推定について-I, 漁獲量の補正係数. 淡水研報 1960; **9**: 25-42.
- 20) Pollock KH, Jones CM, Brown TL. *Angler survey methods and their applications in fisheries management*. American Fisheries Society Special Publication 25, Bethesda, 1994; 65-209.
- 21) Hayne DW. The access point creel survey; Procedures

- and comparison with the roving-clerk creel survey. In: Guthrie D, Hoenig JM, Holliday M, Jones CM, Mills MJ, Moberly SA, Pollock KH, Talhelm DR (eds) *Creel and angler surveys in fisheries management*. American Fisheries Society Symposium 12, Bethesda, 1991; 123-138.
- 22) 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.
- 23) 土居隆秀. キャッチ&リリース後のイワナと鉤. 「アクアネット」 Vol. 3, 湊文社, 東京, 2000; 41-45.
- 24) Bouck GR, Ball RC. Influence of capture methods on blood characteristics and mortality in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Trans. Am. Fish. Soc.* 1966; **95**: 170-176.
- 25) Mason JW, Hunt RL. Mortality rates of deeply hooked rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.* 1967; **29**: 87-91.
- 26) Miyakoshi Y, Nagata M, Takeuchi K, Sugiwaka K, Kitada S. Effectiveness of stocking masu salmon *Oncorhynchus masou* fry as a means of increasing commercial catches. *Fisheries Sci.* 2001; **67**: (in press).
- 27) 佐藤孝弘, 柳井清治. 森林レクリエーションとしての溪流釣りの実態把握—当別町一番川流域でのアンケート調査から. 北方林業 1999; **51**: 277-281.