

溪流魚の資源調査をやってみよう！

－イワナ、ヤマメ、アマゴの調査マニュアル－



平成 25 年 3 月

水 産 庁

目 次

はじめに	3
------	---

早わかり！ 調査ガイド

1. 資源量の調べ方① - アンケート調査で生息個体数の変化を知る方法 -	6
2. 資源量の調べ方② - 潜水観察で生息個体数を推定する方法 -	7
3. 資源量の調べ方③ - 試し釣りで生息個体数の変化を知る方法 -	8
4. 資源量の調べ方④ - 標識再捕法で生息個体数を推定する方法 -	9
5. 資源量の調べ方⑤ - 除去法で生息個体数を推定する方法 -	10
6. 漁獲量（漁獲個体数、漁獲重量）の調べ方	11
7. 放流効果の確認方法① - 稚魚放流の場合 -	12
8. 放流効果の確認方法② - 成魚放流の場合 -	13
9. 産卵調査① - 産卵床のかぞえ方 -	14
10. 産卵調査② - 稚魚や幼魚の確認方法 -	15
11. 天然魚の生息場所の見つけ方	16
12. 遊漁者数、遊漁料収入の調査方法	17

調査方法の解説

第1部 資源量の推定方法	20
第1章 生息個体数の相対値を求める	20
1.1 びく調査、アンケート調査	20
1.2 潜水観察調査	22
1.3 漁獲調査	29
第2章 生息個体数の絶対値を求める	31
2.1 標識再捕法	31
2.2 除去法	34
第2部 漁獲数、漁獲量の推定方法	36
第1章 漁獲数の推定	36
1.1 推定方法の概要	36
1.2 具体的な漁獲個体数の推定	39
1.3 漁獲個体数の推定を行う際の問題点	40

第2章 漁獲量の推定	41
2.1 平均体重の求め方	41
2.2 重さの計り方、はかりの使い方	41
2.3 漁獲重量の計算方法	41
第3部 種苗放流の効果の調査方法	42
第1章 稚魚放流の効果調べる	42
1.1 残存率の調べ方	42
1.2 回収率（放流個体数に対する漁獲個体数の割合）の求め方	43
1.3 成長の調べ方	44
1.4 産卵したのかどうかの確認方法	44
第2章 成魚放流の効果調べる	44
2.1 残存率の求め方	44
2.2 回収率（放流個体数に対する漁獲個体数の割合）の求め方	45
2.3 成長の調べ方	45
2.4 産卵したのかどうかの確認方法	45
第3章 発眼卵放流の効果調べる	45
3.1 稚魚の観察	45
第4部 産卵状況の調査方法	46
第1章 産卵床の数をかぞえる	46
1.1 産卵床とは	46
1.2 産卵床のかぞえ方	46
第2章 稚魚の数をかぞえる	48
2.1 調査方法	48
第3章 幼魚の割合を調べる	49
3.1 調査方法	49
おわりに	51
資料1. 過去の報告書に掲載された調査方法	52
資料2. 参考文献など	62

はじめに

イワナやヤマメ、アマゴなどの溪流魚はとてもおいしい魚です。また、釣りの対象魚として人気があります。きれいな川に棲んでいるため、山間部や水源地の良好な自然環境のめやすとして国民の関心の高い魚でもあります。

多くの漁協のみなさんが溪流魚の保護や増殖に取り組んでいます。しかし、みなさんが実施している天然魚（在来個体群）の保護方法や遺伝的多様性の保全方法、遊漁・漁業資源の増殖方法が実際にどのくらいの効果を上げているのか、おわかりになっていない場合が多いと思います。また、自分たちの川に溪流魚がどのくらいいるのか、また、増えているのか減っているのかも、実はわかっていないというのが実情です。現状がわかれば、対処方法を考え、実行することができます。

そこで、このマニュアルでは、漁協のみなさんが実施できる溪流魚の調査方法を紹介します。

調査方法の利用例は次のとおりです。

魚の生息数を知りたい場合

早わかり！調査ガイド

1. 資源量の調べ方① – アンケート調査で生息個体数の変化を知る方法 –
2. 資源量の調べ方② – 潜水観察で生息個体数を推定する方法 –
3. 資源量の調べ方③ – 試し釣りで生息個体数の変化を知る方法 –
4. 資源量の調べ方④ – 標識再捕法で生息個体数を推定する方法 –
5. 資源量の調べ方⑤ – 除去法で生息個体数を推定する方法 –

漁獲量を知りたい場合

早わかり！調査ガイド

6. 漁獲量（漁獲個体数、漁獲重量）の調べ方

種苗放流の効果を知りたい場合

早わかり！調査ガイド

7. 放流効果の確認方法① – 稚魚放流の場合 –
8. 放流効果の確認方法② – 成魚放流の場合 –

自然繁殖の状況を知りたい場合

早わかり！調査ガイド

9. 産卵調査①－産卵床のかぞえ方－

10. 産卵調査②－稚魚や幼魚の確認方法－

天然魚の生息域を知りたい場合

11. 天然魚の生息場所の見つけ方

遊漁者数の変化を知りたい場合

早わかり！調査ガイド

12. 遊漁者数、遊漁料収入の調査方法

河川工事やダム建設、林道建設、森林伐採、出水、土砂崩れなどの影響を知りたい場合

資源量の変化について

早わかり！調査ガイド

3. 資源量の調べ方②－潜水観察で生息個体数を推定する方法－

4. 資源量の調べ方④－標識再捕法で生息個体数を推定する方法－

5. 資源量の調べ方⑤－除去法で生息個体数を推定する方法－

漁獲量の変化について

早わかり！調査ガイド

6. 漁獲量（漁獲個体数、漁獲重量）の調べ方

産卵状況の変化について

早わかり！調査ガイド

9. 産卵調査①－産卵床のかぞえ方－

10. 産卵調査②－稚魚や幼魚の確認方法－

遊漁者数の変化について

早わかり！調査ガイド

12. 遊漁者数、遊漁料収入の調査方法

調査方法の概要を「早わかり！調査ガイド」にまとめ、詳しい説明を「調査方法の解説」にまとめました。まずは「早わかり！調査ガイド」を読んでいただき、より詳しいことを知りたくなったら「調査方法の解説」をお読みください。

みなさんにご活用いただけることを心から願っています。

早わかり！調査ガイド

1. 資源量の調べ方① – アンケート調査で生息個体数の変化を知る方法 –

資源量の増減を知ることは、資源管理や増殖事業を行ううえでとても重要です。一般に、魚がたくさんいれば、たくさん釣れます。逆に、少なければ、それほど釣れません。このことを基準に魚が増えたのか減ったのかを調べます。

方法は次のとおりです。

- ① 漁協の組合員や遊漁者などの釣り人に調査票を渡し、調べたい川や川の区間について、釣りに行った日、釣れた魚の種類と個体数を記録してもらう。
- ② 調査票を回収する。
- ③ 魚種ごとに釣れた魚の個体数を足す。そして、その値を釣りをした人の数で割って、釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値を求める。

③の値がその川や区間に生息している魚の資源量のめやすになります。値を月ごとに求めれば、それはその月の資源量のめやすです。値を年ごとに求めれば、それはその年の資源量のめやすです。

月ごとに値を求めれば、例えばその前後の月の間での資源量の変化を知ることができます。前年や翌年の同じ月の間で資源量を比較することもできます。年ごとに値を求めれば、前年や翌年との間での資源量の変化を知ることができます。

求めた値を調べた川や区間の水表面積 (m^2) [距離 (m) $\times$ 流れ幅の平均値 (m)] で割ったものは、生息密度 (1 m^2 当たりの生息個体数) のめやすになります。この値は他の川や区間との資源量の比較に使えます。

釣りをする時間の長さによって釣れる魚の個体数は違います。そこで、釣りをした時間も記録してもらい、釣獲個体数を時間数で割って釣り人1時間・1人当たりの釣獲個体数を計算し、その合計を釣りをした人の数で割れば、より精度の高い資源量のめやすを求めることができます。

詳しくは、「調査方法の解説」の「第1部 資源量の推定方法、第1章 生息個体数の相対値を求める、1.1 びく調査、アンケート調査」(p. 20～21)をご覧ください。

2. 資源量の調べ方② – 潜水観察で生息個体数を推定する方法 –

川に潜って、目視で魚をかぞえる方法です。一般に、溪流の水は澄んでいます。また、溪流はアユが生息しているところほど川幅や水深が大きくないので、潜水観察に適しています。

方法は次のとおりです。

- ① 調べたい川や川の区間において、水中メガネを着けて川に潜り、川底を這うように下流から上流にゆっくり進みながら水中を観察する。
- ② 観察された魚の種類と個体数を記録紙に書く。

観察された魚の個体数が、その川や区間における資源量のめやすになります。

例えば、毎年夏の同じ頃に、同じ川や川の区間においてこの調査を行えば、その川や区間での魚の増減を経年的に知ることができます。

観察された個体数を、調べた川や区間の水表面積（ m^2 ）〔距離（ m ）×流れ幅の平均値（ m ）〕で割ったものは生息密度（1 m^2 当たりの生息個体数）のめやすになります。この値は他の川や区間の資源量との比較に使えます。

川全体の資源量を知りたいが、川全体について潜水観察を行うことが労力や時間などの理由で難しい場合は、次の方法があります。

- ・対象とする川のある区間で調査を行い、そこで観察された個体数をその区間の水表面積で割って密度を求める。そして、その値を川全体の水表面積に掛けて、求められた値を川全体の資源量とみなす。

観察した魚の全長を記録しておけば、釣りの対象魚（例えば全長が15 cmを超える魚）やその年生まれの子供の魚（稚魚や幼魚）、大物（例えば尺物）がどのくらいいるのかなどの資源の状況を知ることができます。

詳しくは、「調査方法の解説」の「第1部 資源量の推定方法、第1章 生息個体数の相対値を求める、1.2 潜水観察調査」（p. 22～29）をご覧ください。

3. 資源量の調べ方③ - 試し釣りで生息個体数の変化を知る方法 -

この方法は前々のページの「1. 資源量の調べ方 ①アンケート調査で生息個体数の変化を知る方法」と似ています。1との違いは、漁協さん自身や漁協に協力してくださる釣り人が魚を釣ることにあります。

方法は次のとおりです。

- ① 自分たちの漁協を代表する川や大切にしている川、あるいはこれから大切にしようと考えている川に調査区間を設けて、毎年解禁前に、同じ時間、同じ人数で釣りをする。釣りの技量を一定にするため、できれば毎年同じ人が釣りをするのがよい。
- ② 釣れた魚の種類と個体数を記録する。
- ③ 魚種ごとに釣れた魚の個体数を足す。そして、その値を釣りをした人の数で割って、釣り人1人当たりの釣獲個体数の平均値を求める。その値を前年までの値と比較する。

こうすることにより、自分たちの漁協の川における魚の資源量の年変化の概要を知ることができます。

釣れた魚の全長（口の先端から尾ビレの後端までの長さ）を計測して、その平均値を求め、前年までの値と比較すれば、魚の大きさの年変化も知ることができます。

詳しくは、「調査方法の解説」の「第1部 資源量の推定方法、第1章 生息個体数の相対値を求める、1.3 漁獲調査」(p. 29～31)をご覧ください。



4. 資源量の調べ方④ – 標識再捕法で生息個体数を推定する方法 –

前のページまでの1、2、3の方法は、資源量の相対値（めやす）を知るためのものです。釣りでは生息している魚をすべて採捕することはできません。また、潜水観察でも生息している魚をすべて発見できるわけではないからです。

標識再捕法では、資源量の絶対値（生息している魚の実際の個体数）を推定できます。

方法は次のとおりです。

- ① 調べたい川や川の区間において魚を採捕する。釣りで採捕するのがよい。都道府県の水産試験場などの協力が得られたら、エレクトリックショッカー（電撃漁獲具）を使用することもできる。エレクトリックショッカーのほうが魚をたくさん採捕できる。
- ② 採捕した魚のうち、川に戻しても生きていそうな魚の個体数をかぞえる。そして、それらの魚についてヒレ（例えばアブラビレ）の一部を切って、それを標識にする。
- ③ それらの魚をもとの川や区間に戻す。
- ④ 数日後（2～3日後。できれば1週間以内）に、同じ川や区間でまた魚を採捕して、採捕された魚の個体数とそのうち③で放流され再び採捕された魚の個体数をかぞえる。そして、それらの値を次の式にあてはめて資源量（生息個体数）を求める。

生息個体数

$$= \text{標識放流個体数} \times \text{2回目の調査時の総採捕個体数} \\ \div \text{2回目の調査時の採捕個体のうちの標識個体の個体数}$$

－ 計算例 －

ある川の区間に生息するイワナの個体数を知ろうと思い、調査をした。

60 個体釣れた。これら 60 個体のすべての魚についてアブラビレを切って標識とし、その区間に戻した。

2 日後に再びその区間で釣りをしたところ、40 個体釣れた。そして、標識（アブラビレの有無）を確認したところ、そのうち 10 個体が標識魚であった。

これらのデータを式にあてはめたところ、 $60 \times 40 \div 10 = 240$ となり、生息個体数は 240 個体と推定された。

詳しくは、「調査方法の解説」の「第1部 資源量の推定方法、第2章 生息個体数の絶対値を求める、2.1 標識再捕法」（p. 31～34）をご覧ください。

5. 資源量の調べ方⑤ – 除去法で生息個体数を推定する方法 –

除去法でも④の標識再捕法と同様に、生息個体数の絶対値を知ることができます。

この方法は、2回か3回繰り返して魚を採捕して、採捕個体数の減り具合から、調査開始時点の魚の生息個体数を推定するというものです。魚に標識をする必要がないので、その点で標識再捕法より作業は楽です。

方法は次のとおりです（2回採捕の場合）。

- ① 調べたい川や川の区間において魚を採捕する（1回目）。釣りで採捕するのがよい。都道府県の水産試験場などの協力が得られたら、エレクトリックショッカー（電撃漁獲具）を使用することもできる。エレクトリックショッカーのほうで魚をたくさん採捕できる。採捕した魚は死なないように注意して生け簀やバケツなどに入れておく。
- ② 30分から1時間ほど間をあけて、同じ場所でもう一度魚を採捕する（2回目）。採捕した魚は1回目の魚とは別の生け簀やバケツなどに入れる。
- ③ それぞれの回に採捕した個体数をかぞえる。
- ④ かぞえた個体数を次の式にあてはめて、調査開始前にそこにいた魚の生息個体数を求める。

生息個体数

$$= (1 \text{ 回目の採捕個体数の } 2 \text{ 乗}) \div (1 \text{ 回目の採捕個体数} - 2 \text{ 回目の採捕個体数})$$

- ⑤ 捕った魚を川に戻す。

– 計算例 –

ある川の区間に生息するアマゴの個体数を知ろうと思い、調査をした。

1回目に60個体釣れ、2回目に35個体釣れた。

これらのデータを式にあてはめたところ、 $60 \times 60 \div (60 - 35) = 3,600 \div 25 = 144$ となり、個体数は144尾と推定された。

詳しくは、「調査方法の解説」の「第1部 資源量の推定方法、第2章 生息個体数の絶対値を求める、2.2 除去法」(p. 34～35)をご覧ください。

6. 漁獲量（漁獲個体数、漁獲重量）の調べ方

実際にどのくらいの数の魚が漁獲されているのかを知ることが、資源管理や増殖事業を行ううえでとても重要です。

溪流釣りの場合、総漁獲個体数は次の式で推定できます。

総漁獲個体数

$$= \text{釣り人1回釣行} \cdot \text{1人当たりの釣獲個体数の平均値} \times \text{総釣行回数}$$

釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値については、びく調査やアンケート調査で求めます。

びく調査の場合は、釣りを終えて引き上げてきた釣り人から、何個体釣れたのかを聞き取って記録します。

アンケート調査の場合は、調査票を遊漁券の販売時に手渡したり、釣り人のものと思われる車のフロントガラスとワイパーの間に挟んでおくなどします。それに釣れた個体数を記入してもらったうえで回収します。

集まったデータをもとに、1回釣行当たりの釣獲個体数を足した値を釣りをした人の数で割り、釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値を求めます。

総釣行回数とは釣り人の延べ人数です。釣り人の延べ人数は、遊漁券の販売枚数と組合員の中の溪流釣り人数およびその釣行回数から求めます。

総釣行回数（釣り人の延べ人数）

$$= \text{日釣り券の販売枚数} + \text{年券購入者の釣行回数} \\ + \text{溪流釣りをする組合員の釣行回数}$$

漁獲個体数に漁獲された魚の平均体重を掛けて漁獲重量を求めます。

詳しくは、「調査方法の解説」の「第2部 漁獲数、漁獲量の推定方法」（p. 36～41）をご覧ください。



7. 放流効果の確認方法① - 稚魚放流の場合 -

放流した魚がどのくらい漁場に残っているのか、どのくらいの大きさに成長しているのかは、漁協さんが最も知りたいことのひとつです。

どのくらい残っているのか、つまり残存率は、標識再捕法で知ることができます。標識再捕法の具体的な方法については、3 ページ前の「4. 資源量の調べ方③ - 標識再捕法で生息個体数を推定する方法 -」をご覧ください。

残存率の求め方は次のとおりです。

- ① 稚魚放流を行った川や川の区間に野生の稚魚が生息していると、標識再捕法で個体数を推定しても、野生の稚魚も含めて推定してしまう。それを避けるため、放流前に放流魚のヒレを切除して標識としておく。切除するヒレはアブラビレがよい。
- ② 標識再捕法によって個体数を推定する。採捕された魚のうち、アブラビレの無い魚が放流された魚である。それらの魚について、アブラビレ以外のヒレの一部を切って標識として、標識再捕法を行う。
- ③ ②で推定された個体数を放流時の個体数で割って残存率を求める。

- 計算例 -

6 月の放流個体数が 1,000 個体で、8 月の推定個体数が 300 個体であった場合、6 月から 8 月にかけての残存率は
 $300 \text{ (個体)} \div 1,000 \text{ (個体)} \times 100 = 30 \text{ (\%)}$
である。

どのくらいの大きさに成長しているのかは、放流時に全長を計り、その後の調査時の大きさと比較することで判断します。

稚魚は大きな魚とは違った場所に棲んでいます。稚魚がいるのは、岸寄りの水深が浅く、流れが緩やかな場所です。ワンドのような場所も好みます。そのような場所で採捕作業を行ってください。

詳しくは、「調査方法の解説」の「第 3 部 種苗放流の効果の調査方法、第 1 章 稚魚放流の効果調べる」(p. 42 ~ 44) をご覧ください。

8. 放流効果の確認方法② - 成魚放流の場合 -

放流した成魚の残存率や成長の調べ方は、2 ページ前の「6. 放流効果の確認方法① - 稚魚放流の場合 -」と基本的に同じです。そちらを参考にしてください。

稚魚放流と違って、放流された成魚は放流直後から釣りの対象魚です。放流された成魚がどのくらい釣られたのかを調べることで、放流の効果（放流魚の回収率）を知ることができます。

方法は次のとおりです。

- ① 放流魚について、例えばアブラビレを切除する。それを放流魚の標識とする。
- ② アンケート調査で、釣り人 1 回釣り・1 人当たりの釣獲個体数を求める。その値に釣り人の延べ人数を掛けて、総釣獲個体数を推定する。
- ③ 総釣獲個体数の推定値を放流個体数で割って求められた値が回収率である

- 計算例 -

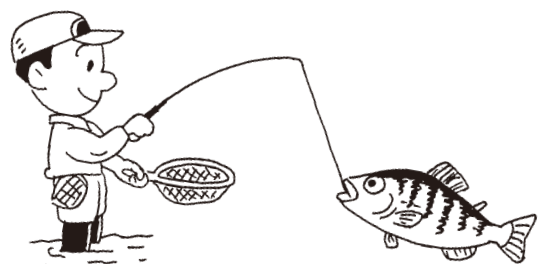
放流個体数が 2,000 個体で、総釣獲個体数の推定値が 400 個体であった場合、回収率は

$$400 \text{ (個体)} \div 2,000 \text{ (個体)} \times 100 = 20 \text{ (\%)}$$

である。

詳しくは、「調査方法の解説」の「第 3 部 種苗放流の効果の調査方法、第 2 章 成魚放流の効果調べる」(p. 44 ~ 45) をご覧ください。

なお、溪流魚の放流方法には、稚魚放流と成魚放流の他に、発眼卵放流があります。発眼卵放流の効果の確認方法については、「調査方法の解説」の「第 3 部 種苗放流の効果の調査方法、第 3 章 発眼卵放流の効果調べる」(p. 45) をご覧ください。



9. 産卵調査① -産卵床のかぞえ方-

産卵がきちんと行われているのかどうかを知ることは、資源管理や増殖事業を行ううえでとても重要です。

溪流魚は、秋（10～11月）に、水深が10～30 cmで、川底が直径2～5 cmの大きさの砂利で覆われた、流れの緩やかな淵尻や平瀬で産卵します。イワナはそのような場所だけでなく、岸寄りの岩や石、倒木の脇でも産卵します。

メスが川底にくぼみを掘り、そこに卵を産んだあと、砂利をかけて埋め戻します。そのため、産卵後には「産卵床」と呼ばれる「塚」のような構造が形成されます。下の写真が産卵床の例です。上から見ると、円や楕円のような形をしています。長径（長いほうの直径）は小さいもので30 cm程度であり、大きいもので1 m程度です。



産卵床のかぞえ方は次のとおりです。

- ① 一般に、紅葉が始まる少し前にヤマメ、アマゴの産卵が始まり、紅葉のピークの頃にイワナの産卵が始まる。そして、だいたい11月中に産卵期は終わる。川のそばに住んでいる人や、よく釣りに行く人に聞けば、おおまかな産卵期がわかる。産卵が始まる少し前から調査を始めて、産卵が終わるまで調査をすれば、ほぼすべての産卵床をかぞえることができる。
- ② 産卵場所の特徴や産卵床の形状は前述のとおりである。上流に向かって歩きながら水中を観察して、そのような場所を探す。
- ③ 産卵床を見つけたら、数と魚種名、場所を地図などに記録する。
- ④ 産卵後1週間もすると、砂利に藻類が付くなどしてまわりの様子に馴染んで、産卵床の確認が難しくなる。数日から1週間くらいの間隔で調査を行うのがよい。発見した日をマジックペンで書いたビニールテープを石に巻き、それを目印として産卵床のそばに置いておくのもよい。

詳しくは、「調査方法の解説」の「第4部 産卵状況の調査方法、第1章 産卵床の数をかぞえる」(p. 46～48)をご覧ください。

10. 産卵調査② – 稚魚や幼魚の確認方法 –

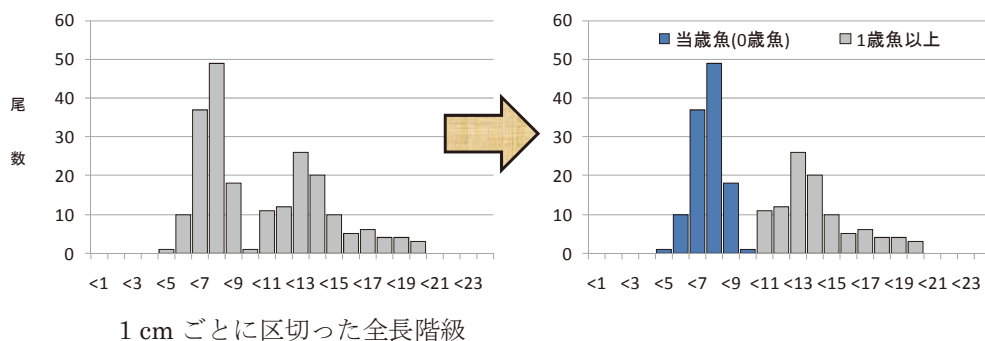
稚魚や幼魚の個体数が多ければ、前年の秋に産卵が順調に行われた可能性が高いといえます。

稚魚についての調査方法は次のとおりです。ここでは、梅雨頃までに見られる、全長が5 cm くらいまでの魚を稚魚と呼ぶことにします。

- ① 毎年、ほぼ同じ時期に、川の同じ区間で稚魚の個体数をかぞえる。稚魚は、岸寄りの水深が浅く、流れが緩やかな場所や、ワンドのような場所に棲んでいる。岸に沿って上流に向かって歩きながら、そのような場所を観察する。そして、観察された稚魚の個体数を記録する。
- ② 観察された個体数を前年までのものと比較して、多ければ産卵が順調に行われたと推測する。

幼魚についての調査方法は次のとおりです。ここでは、夏頃からよく見られる全長が5 cm を超えたような、釣りのハりに掛かるくらいの魚を幼魚と呼ぶことにします。

- ① 毎年、ほぼ同じ時期に、川の同じ区間で釣りをする。
- ② 釣れた魚の全長を測る。
- ③ 下の図のように、グラフ用紙の横軸に1 cm 刻みで全長の日盛りを取り、縦軸に釣れた魚の個体数を1尾刻みで積み木のように重ねていく。このような図を「全長組成図」と呼ぶ。
- ④ 1 歳以上の魚にくらべて、当歳魚（0 歳魚）である幼魚の全長は小さい。下の図では、10 cm より小さい魚たちが幼魚である。
- ⑤ 幼魚がたくさんいたら、前年の産卵が順調に行われたと推測できる。釣れた魚の個体数に占める幼魚の割合を計算しておく、翌年にその割合が高ければ産卵が順調に行われと推測できる。あるいは、大型の魚が多く釣られてしまったなどの考察を行うことができる。



詳しくは、「調査方法の解説」の「第4部 産卵状況の調査方法、第2章 稚魚の数をかぞえる、第3章 幼魚の割合を調べる」(p. 48～50)をご覧ください。

11. 天然魚の生息場所の見つけ方

天然魚とは、放流された養殖魚や他の川由来の魚と交雑しておらず、それぞれの川固有の遺伝子を持っている魚のことです。「原種」や「地付きの魚」とも呼ばれます。学術的には「在来個体群」といいます。

天然魚を守ることは、すなわち、生物多様性や遺伝的多様性を守ることです。

天然魚を守り、増やすためには、生息場所を見つける必要があります。方法には「聞き取り調査法」と「遺伝子分析法」があります。手順は次のとおりです。

聞き取り調査法

- ① 漁協、釣り団体、役場、観光協会、旅館など、溪流魚の放流を行ったことがあったり、生息状況に詳しい人たちを対象に、放流の実績（年月、場所、魚の入手先）を聞き取る。
- ② 放流された魚の遡上障害物（堰堤やダム、滝）の位置を調べ、地図上に書き込む。支流にも遡上するので、支流についても調べる。
- ③ 堰堤やダムについては、管理している機関から建設した年月を聞き取る。
- ④ 放流開始以前に建設された堰堤やダム、昔からある滝の上流が天然魚の生息場所である。



遺伝子分析法

- ① 聞き取り調査法で放流の履歴がないとわかった川で 30 尾を目標に魚を捕る。
- ② ヒレの一部（5 mm 四方くらいの面積）をハサミで切り取り、純度 99 % のエタノール（エチルアルコール）の入ったビンに入れたり、持ち帰って冷凍保存する。
- ③ それらのヒレを都道府県の水産試験場などで分析してもらう。

12. 遊漁者数、遊漁料収入の調査方法

遊漁料は漁協にとって重要な収入です。

漁協の安定的な経営のために、これからは遊漁者にたくさん来てもらう必要があります。

ここでは遊漁者の人数や遊漁料の収入額を把握する方法を紹介します。

方法は次のとおりです。

- ① 毎年度末に、(1)日釣り券の販売枚数、(2)年券の販売枚数、(3)日釣り券の販売額、(4)年券の販売額、(5)日釣り券の販売額と年券の販売額の総額、を集計する。
- ② 漁協の壁に大きなグラフ用紙や模造紙を貼り、そこに横軸が年度、縦軸が(1)日釣り券の販売枚数、(2)年券の販売枚数、(3)日釣り券の販売額、(4)年券の販売額、(5)日釣り券の販売額と年券の販売額の総額、のグラフをそれぞれ別個に書く。
- ③ そのグラフに、この調査を始めた年度の(1)日釣り券の販売枚数、(2)年券の販売枚数、(3)日釣り券の販売額、(4)年券の販売額、(5)日釣り券の販売額と年券の販売額の総額、をそれぞれ点や丸などで書き込む。
- ④ 毎年度末に③の作業を行い、点や丸を線で繋いで折れ線グラフを作る。

こうすることで、遊漁者数や遊漁料の収入額の年変化がわかります。人数や収入額が減った場合は、原因を分析して対応策を考え、実行に移すことができます。

また、日釣り券の販売枚数を年度ごとではなく年間の月ごとや日ごとに集計すれば、例えば追加放流や河川工事と遊漁者数の推移との関係性を分析する際の参考になります。

可能であれば、近隣の漁協の遊漁者数も把握しておくといよいでしょう。遊漁者数は、釣果だけでなく、その年の天候などとも関係して変動します。近隣の漁協との比較により、遊漁者が変動した要因を考察しやすくなることが多いのです。



調査方法の解説

第1部 資源量の推定方法

溪流魚を水産資源として持続的に利用するためには、対象となる川に生息する魚の個体数を把握し、それらを適正に管理することが必要です。具体的な管理施策としては、種苗放流や漁獲規制などが代表的ですが、その指針の策定や効果の判定にあたり、資源評価は欠かせません。

そこでこの項では、資源を評価する指標の中から、最も普遍的な「生息個体数」を取り上げ、漁協が効果的に実施可能な推定方法について解説します。

生息個体数の推定方法は、大きく2つに分けられます。ひとつは生息個体数を比較するためのめやす（相対値）を推定する方法であり、もうひとつは生息個体数の実数（絶対値）を推定する方法です。絶対値を求めることは個体数推定の理想ですが、そのためにはとても大きな労力を要します。したがって、生息個体数の相対値と絶対値のどちらを求めるのかは、資源評価の目的と調査への投資量（人、時間、資金など）とのバランスで決まってきます。

第1章 生息個体数の相対値を求める

生息個体数の相対値を求める代表的な方法として、この章では「びく調査、アンケート調査」、「潜水観察調査」、「漁獲調査」を取り上げます。

1.1 びく調査、アンケート調査

どれだけの魚がいるのか、その相対的な個体数を調べる方法の代表例として、釣り人の漁獲物を調べる「びく調査（びくのぞき調査）」という方法について説明します。これは調査員が釣り人の釣った魚の個体数を釣り人から聞き取るという方法です。これによって得られた釣獲個体数の平均値を求め、それを指数化し（多くの場合、調査初年のデータを100とする）、他の年のデータと比較することで、「魚が多かった」、「少なかった」ということを推測することができます。

アンケート調査という方法もあります。釣り人に調査票を渡して、それに釣りをした年月日と川の名前、釣れた魚の種類と個体数を記入してもらったうえで回収するという方法です。ホームページやメールアドレスのある漁協ならば、それらを通じて報告してもらおうという方法もあります。アンケート調査はびく調査に比べてデータの回収に要する労力は少なく済みますが、回収率や精度を高めるために調査内容を遊漁者によく理解してもらおうための広報やちょっとした記念品をつけるなどの工夫も必要です。

これらのデータを利用すれば、漁獲量の推定も可能になります（詳しくは、「第2部 漁獲数、漁獲量の推定方法」（p. 36～41）を参照してください）。

びく調査やアンケート調査の調査票の例は図1のとおりです。

(見本)

調査票番号	
調査年月日	年 月 日 調査員氏名
調査項目	調 査 事 項
釣 り 人	(男、女、子供) (漁協員、釣りクラブ員、その他) (県内、県外[]) (徒歩、自転車、バイク、自家用車、公共交通機関、その他)
漁獲場所	地先 (早瀬、平瀬、瀬、淵、その他)
釣り開始時間	午前 時 分 午後 時 分
調査時刻	午前 時 分 午後 時 分
漁 法	餌釣り、毛鉤釣り、ルアー、フライ、その他[]
漁 獲 物	ヤマメ(尾)、イワナ(尾)、アマゴ(尾) ニジマス(尾)、その他()
券 種	(年券、日券、子供券、特殊割引券、特別券、その他[]) ()
備 考	

(記入例)

調査票番号 0015	
調査年月日	2012年 6月 7日 調査員氏名 全内 正
調査項目	調 査 事 項
釣 り 人	(男、女、子供) (漁協員、釣りクラブ員、 <u>その他</u>) (<u>県内</u> 、 <u>県外</u> []) (徒歩、自転車、バイク、 <u>自家用車</u> 、公共交通機関、その他)
漁獲場所	<u>大物沢</u> 地先 (早瀬、平瀬、瀬、淵、 <u>その他</u>)
釣り開始時間	<u>午前</u> 5 時 分 <u>午後</u> 時 分
調査時刻	<u>午前</u> 3 時 30 分 <u>午後</u> 時 分
漁 法	餌釣り、 <u>毛鉤釣り</u> 、ルアー、フライ、その他[]
漁 獲 物	ヤマメ(<u>18</u> 尾)、イワナ(尾)、アマゴ(尾) ニジマス(尾)、その他()
券 種	(<u>年券</u>)、日券、子供券、特殊割引券、特別券、その他[] ()
備 考	

図 1 調査票の見本と記入例

1.1.1 計算方法

釣獲個体数の平均値

$$= \text{得られたデータによる釣獲個体数の合計} \div \text{調べた釣り人の延べ人数}$$

月単位でまとめれば月ごとの変化が、年単位でまとめれば年ごとの変化を知ることができます。

そしてどれかひとつの値（年単位なら多くの場合調査初年の値、月単位なら例えば解禁日の月の値）を基準として選び、その値を 100 として他のデータを比べます。100 より大きければ魚が多い（増えている）、小さければ少ない（減っている）と推測できます。

1.1.2 具体的な計算例

ある年の M 月に 30 日のうち 4 日間、A 川でびく調査を行いました。1 日目の調査で、釣りを終えた釣り人のうちの 8 人からびくの中身を聞き取ったところ、釣獲個体数は合計で 87 個体でした。同様に 2 日目は 5 人で 45 個体、3 日目は 6 人で 35 個体、4 日目は 10 人で 53 個体でした。

このことをまとめると、この月の調査では合計 29 人（ $= 8 + 5 + 6 + 10$ ）の釣り人から聞き取りを行って、合計 220 個体（ $= 87 + 45 + 35 + 53$ ）の釣獲がありました。これにより、釣獲個体数の平均値は 7.6 個体（ $\div 220 \div 29$ ）となりました。

同様に翌月、翌々月にも調査を行ったところ、それぞれ 24 人で 195 個体（平均 8.1 個体）、18 人で 167 個体（平均 9.3 個体）でした。

基準となる M 月の釣獲個体数の平均値を 100 とすると、翌月、翌々月はそれぞれ 107（ $= 8.1 \text{ 個体} \div 7.6 \text{ 個体} \times 100$ ）、122（ $= 9.3 \text{ 個体} \div 7.6 \text{ 個体} \times 100$ ）となり、M 月に比べて翌月の資源量は 7 %、翌々月の資源量は 22 % 多いと推測されました（図 2）。

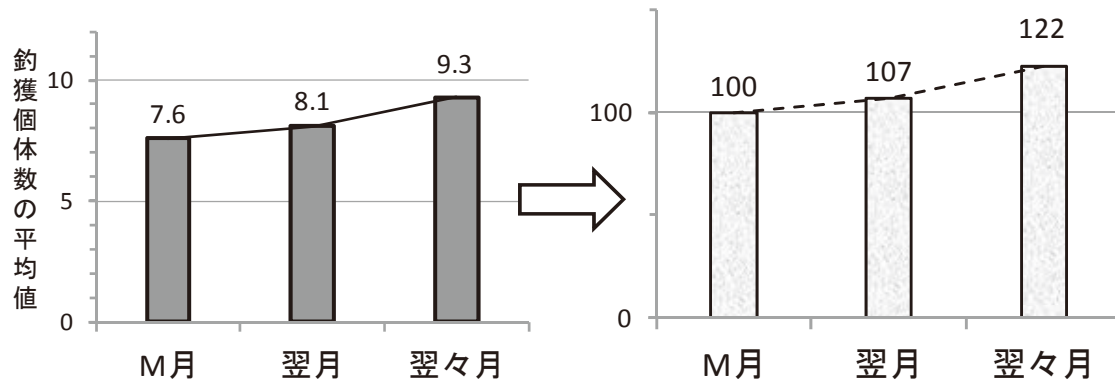


図2 A川におけるある年の月ごとの生息個体数の推定結果

左の図：各月の釣獲個体数の平均値

右の図：左の図のデータをもとに、基準となるM月の値を100としたもの。

このように表すと、釣獲個体数の平均値がM月に比べて翌月は7%、翌々月は22%増えていることがわかる。

1.2 潜水観察調査

潜水観察調査とは、調査者が川に潜り、水中の魚を肉眼で直接観察する方法です。

潜水観察調査において最も重要な環境条件は、調査域を見通すのに十分な水の透視度です。一般に、溪流は清澄で川幅や水深もそれほど深くないので、観察に適した条件を備えています。また、溪流では瀬と淵が連続し、水深や流速が頻繁に変化するため、使用可能な漁具やその漁獲効率が場所によって様々に変化します。このような制約が比較的少ない汎用性も、漁具を使用しない潜水観察調査の長所です。さらに、調査機材の少なさは交通の不便な山間部において調査の機動性を高めるとともに、調査機材への投資を軽減できることも利点です。

潜水観察調査の信頼性は、2つの面で支持されています。ひとつは、調査場所の環境条件による観察結果の「ばらつき」が比較的少ないことです。例えば、複数の生息場所で調べた魚の発見率（＝観察個体数÷実際の生息個体数）は、ほぼ一定の値を示すことが報告されています。もう1点は、観察者による調査結果の「ばらつき」の少なさです。同一の場所を複数の人が観察した場合でも、よく訓練された潜水観察者同士であれば、魚の観察個体数はほぼ一致するという研究結果が得られています。それに対して、釣りや網などによる漁獲個体数は、調査者の腕前に大きく左右されます。

また、魚を採捕したり、傷付けたり、殺すことがないので、潜水観察調査は溪流魚のような個体数の少ない魚種の調査にも有効な手段です。

しかし、潜水観察調査も万能ではありません。以下のような欠点が指摘されているので、留意が必要です。

- ① 魚に直接触れることができないので、正確な全長や体重、成長、成熟、食性などの情報を得られない。
- ② 水中の透視度の低下や障害物の増加は観察精度を低下させる。

- ③ 魚の数が多い場合や小型の魚、動きの少ない魚では、観察精度が低下する。

1.2.1 調査前の準備

(1) 装備

皮膚の保護（ケガの防止）と保温のためにウェットスーツやドライスーツなどの保護スーツを必ず着用します。

ウェットスーツは生地が5 mm以上の厚さのものを選びましょう。ドライスーツの場合は、動き易いナイロン製のものがおすすめです。

また、素足で調査をするのは絶対に避けましょう。滑り止めの付いた潜水用あるいは釣り用の靴が便利です。水中マスクの曇り止めには市販のものを用品ですが、唾液やヨモギの葉でも代用できます。

巻き尺や目盛り付きの棒は、距離、川幅、水深、水の透視度などの測定に用います。また、棒は複数で潜水する際に互いの身体を保持し合うための補助としても役立ちます。

測定データの記録は観察者自身で行うことも可能ですが、人員に余裕があれば、記録者1名を加えたチームでの調査が効率的です。記録者は観察結果の記録に加え、観察者に観察ラインを指示したり、観察距離を目測する役割も担います。

(2) 安全対策

潜水調査の安全を確保するため、以下の点に留意する必要があります。

- ① 調査は必ず複数名で行う。
- ② 観察者同士でロープを結び合うことは厳禁である。急流に巻き込まれた際に、ロープは相手を引き込んだり、障害物に絡まって脱出を困難にするためである。
- ③ 流れが著しく早い場所や渦を巻いている場所での調査は避ける。特に流木や岩など障害物の上流にある急流域では、障害物へ巻き込まれる危険性がある。
- ④ 体温低下による低体温症に陥ることを避けるため、長時間連続して潜水するのは避ける。また、適宜の休憩と栄養・水分の補給により、保温と体力の温存につとめる。

1.2.2 調査前の訓練

潜水観察調査を行う際、事前の訓練は欠かすことができません。ただし、それは決して難しいものではなく、経験者の指導のもとで実施すれば数回で習得が可能です。

まずは、必要な装備を身につけて水中に潜ることに慣れましょう。魚を観察しながら、水中を上流に向かって匍匐（ほふく）前進したり、流れに乗って流下したりできればOKです。

次に観察技術の習得に移ります。訓練内容は、(1) 種の同定、(2) 魚体の大きさの推定および(3) 魚の計数の3項目です。

(1) 種の同定

水中で見る魚の姿は陸上でのそれとは若干異なりますから、事前の観察で確認しておきましょう。特に、当歳魚（0歳魚）を調査する場合、イwanaとヤマメ・アマゴの区別はつきにくいので、より注意深く実施しましょう。

(2) 魚体の大きさの推定

潜水観察調査では魚の大きさを目視で推定しなくてはなりません。物の長さは、水中では陸上の約1.3倍大きく見えるといわれています。加えて、魚との距離はその時々で異なるので、距離感をつかむことも重要になります。

訓練には、観察対象の魚種および大きさを模した板を用意します。模型板は、対象魚の全長範囲（例えば、10 cm から 30 cm）を測定の最小単位（例えば5 cm）で区分し、複数の大きさのものを作製します。これらを水中の観察者にサイズと距離をさまざまに変えて示し、その大きさを判定させます（図3）。

最初は、事前に大きさを伝えた大小の模型魚をさまざまな距離で示し、その距離を当てさせて遠近感を養います。次に、同じ距離でさまざまな大きさの模型魚を示し、そのサイズを計らせます。最後に、距離と大きさを同時に変化させた練習を行い、ほぼ間違いなく判定できるようになれば合格です。ある訓練の結果では、2.5 cm 単位での識別精度は1日で90 %に達すると報告されています。しかし、人の感覚は使わないと衰えるのも早いものです。調査の間隔が空く場合は、必ず事前に訓練を実施しましょう。

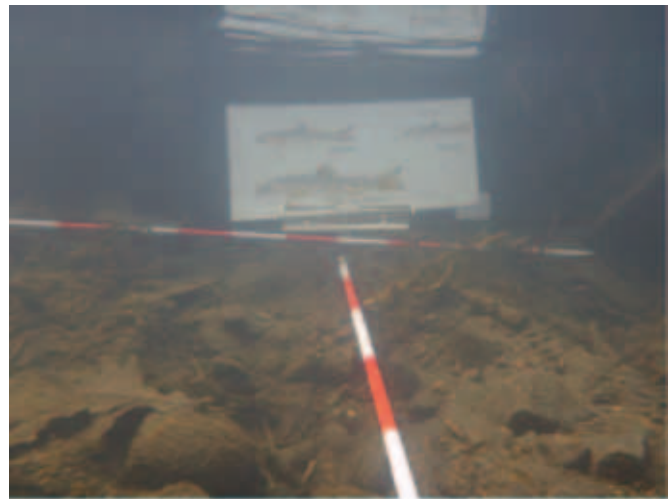


図3 潜水観察調査における距離感、魚の大きさを確かめる練習の例
わかっている長さの魚の模型などを沈めて観察してみる。

(3) 魚の計数

魚の個体数をかぞえる訓練の実施はなかなか困難ですが、初心者と経験者が同時に潜水し、結果を比較するという方法で行います。

なお、計数の方法については、後述の「1.2.4 潜水観察の方法」(p. 25)の項を参照してください。

1.2.3 調査計画の立案

(1) 調査に適した時期、時間帯

潜水観察調査に適した時期は、水温が10℃を越える季節です。この水温を下回ると、溪流魚は日中でも物陰に潜むことが多くなり、観察精度が低下します。また、

低水温下での潜水は、観察者にも大きな負担となるので注意しましょう。

調査の時間は、水中での明るさが十分に確保される日中が基本です。

(2) 調査に必要な環境条件

潜水観察調査を実施する上で考慮しなくてはならない環境条件は、水深、水の透視度および魚の隠れ場です。

調査場所の水深は、最低でも水中メガネが水中に没する程度が必要です。また、最深部まで見通せるだけの透視度があることも重要です。

石や倒木の下などの魚の隠れ場は観察の精度を低下させます。なるべく隠れ場に顔を突っ込むようにして観察します。ただし、隠れ場から出られなくなったり、ケガをするような観察はしないようにしましょう。

(3) 調査場所の選定

溪流魚の生息密度は淵や早瀬、平瀬といった生息場所によって異なることが多いので、それらがその川を代表するような数や密度で存在する区間を調査区間として選定します。その区間をその後も繰り返して調査する場合には、初めて来た人でもわかるように、地図などに場所を詳しく記録しておきましょう。

調査区間の水表面積（＝距離×平均流れ幅）を計測しておけば、その場所の生息密度（正確には観察個体数密度）を計算できます。平均流れ幅は、調査区間の少なくとも5箇所以上で計った流れ幅から求めることをおすすめします（平均流れ幅＝各計測箇所の流れ幅の値の合計÷計測箇所の数）。生息密度は、同じ川の他の区間や他の川との比較に役立ちます。

1.2.4 潜水観察の方法

下流から上流に向かっての観察方法が最も効率的です。観察者は調査区間の下流から急な動作をしないようにゆっくりと上流に向かいます。溪流魚は上流を向いて泳いでいることが多いので、後方から近づく方が魚を驚かさずに済むからです。

魚の計数および大きさの推定は、観察者がその魚を追い越す時に行います。これにより、同じ個体を重複して観察することが避けられます。後方から泳ぎ上がって観察者を追い越して再び視界に入ってくる魚は、既に確認済みとみなして区別することができます。

流速や水深が増して遡行できない場所でのみ、観察者は上流から入り、できるだけ動かずに流れ下りながら観察します。

具体的な方法は次のとおりです。

(1) 1名での調査

透視度が良好で対岸まで見渡せるような小河川では、1人の観察者が以下の3つの方法のいずれかで、調査区間のすべての魚を計数できるでしょう。

流路の真ん中を下流から遡行して流れの両側の魚を同時に数えるのが基本です。しかし、障害物が視界をさえぎるような場所では、地形に対応してジグザグに遡行して、岸際や障害物の周囲までくまなく観察します（図4のA）。

また、浅い場所は障害物がなくても観察精度が低下しがちなので、注意が必要です。

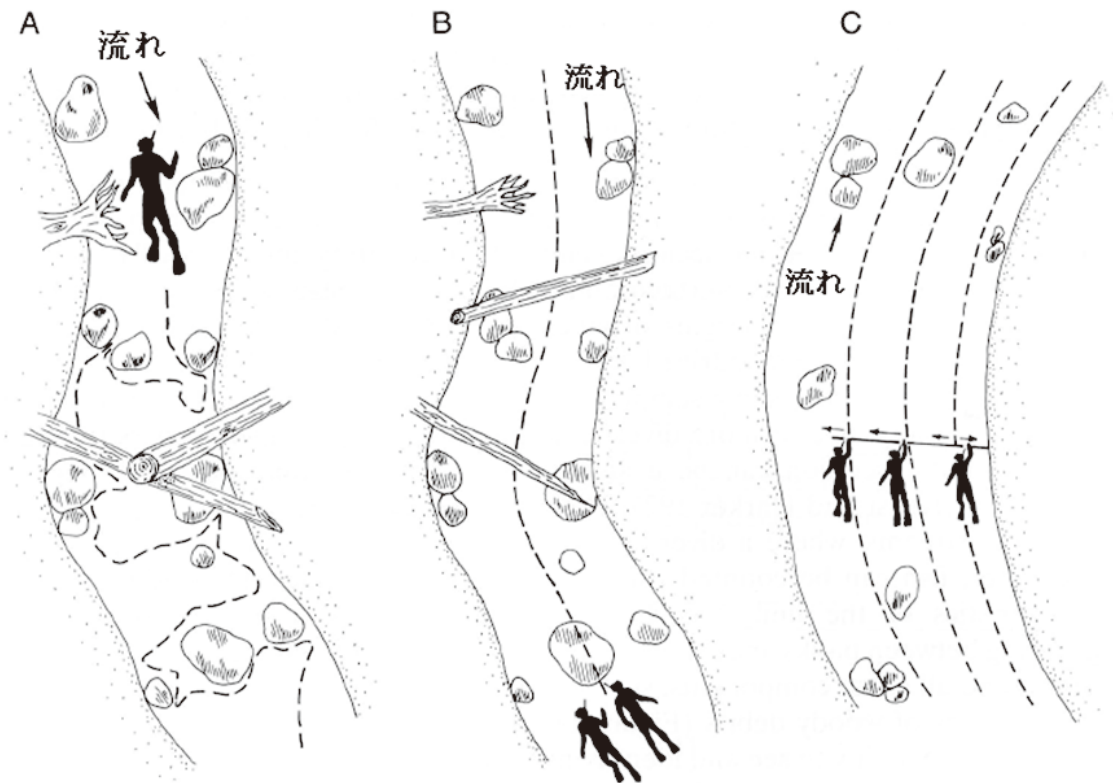


図4 潜水観察調査における観察ライン（破線）

A：1名が上流に向かってジグザグに遡行する例

B：2名が川の真ん中を遡行する例

C：3名が並んで遡行する例

Dolloff ら（1996）の図を一部改変

水深や流速が増して遡行が困難な場合、もし片方の岸から対岸まで見渡せる場所なら、どちらか一方の岸沿いを遡行し、川幅全体を観察します。しかし、障害物や透視度に制限されて対岸まで見通せない場所では、2回に分けて両岸から観察します。しかし、そのような場合は、後述する2名での調査に切り替えることをおすすめします。

さらに水深や流速が増し、両岸とも遡行困難な場合には、上流から流れ下って観察します。

(2) 2名での調査

2名で観察する場合、流路の真ん中に2名で並び、同時に遡上しながら、自分の位置する側の水域を観察するのが一般的な方法です（図4のB）。流路の中心に

岩や急流などの遡行障害物がある場合は、それに応じて経路を2分します。もしも流下する場合は、観察者同士が腕を取り合ったり、短い棒を互いに掴んだりして、同時に進むことを心掛けましょう。ただし、ロープでつながり合うのは危険なのでやめてください。

(3) 3名以上での調査

川幅が広くて、2人でも川全体を見通せなくなったら、3名以上で調査します。

川幅を人数で等分するように観察ラインを設定し、全員が左隣（あるいは右隣）の人との間にいる魚を計数します（図4のC）。岸寄りのどちらか1名は、反対の岸までの区域も同時に観察します。遡行する際は、全員の足並みを揃えましょう。流下する場合は互いに1本の棒をつかむなどして観察ラインを整えるとよいでしょう。

1.2.5 観察個体数データの扱い方

潜水観察調査では、調査区間に生息している魚をすべて観察できるわけではありません。必ずといっていいほど観察漏れがあります。そのため、観察された個体数を資源量の「相対値」として扱います。例えば、最初の調査時に観察された個体数が150個体で、次の回の調査で210個体観察されたとします。その場合、最初の調査時の150個体を100とすると、次の回の調査時の210個体は、

$$100 \div 150 (\text{個体}) \times 210 (\text{個体}) = 140$$

と計算されます。140ということは、初回の調査時に比べて次の回の調査時の資源量は40%多いということを示しています。

例えば、毎年同じ時期に区間でこの調査を行えば、その区間で魚が増えたのか減ったのかを知ることができます。

1.2.6 川全体や支流全体、長い距離の区間の調査方法

距離が数kmに及ぶような川全体や支流全体、長い区間を潜水観察調査することは体力的にも時間的にも困難です。そのような場合は、その水域から一部の区を選んで調査し、その結果を全体に引き延ばすという方法があります。

(1) 1箇所を調査する場合

距離が数十mから数百mの調査区を1箇所設定して潜水観察調査を行います。

また、その調査区の距離あるいは水表面積を計ります。水表面積の計り方はこの章の「1.2.3 調査計画の立案」(p. 24)を参照してください。

そして、調査区で観察された個体数に、川や支流全体の水表面積あるいは距離を調査区の水表面積あるいは距離で割った値（調査区に対する川や支流全体の面積あるいは距離の割合）を掛けます。そのように求められた値は、川や支流全体

の観察個体数とみなされます。式にすると次のとおりです。

水表面積の場合

川全体あるいは支流全体の観察個体数

$$= \text{調査区の観察個体数} \times \text{川や支流全体の水表面積} \div \text{調査区の水表面積}$$

距離の場合

川全体あるいは支流全体の観察個体数

$$= \text{調査区の観察個体数} \times \text{川や支流全体の距離} \div \text{調査区の距離}$$

前述のように、溪流魚の生息数は淵や早瀬、平瀬といった生息場所によって異なることが多いので、それらがその川を代表するような数や密度で存在する場所を調査区として選定してください。

(2) 複数の区を調査する場合

距離が数十 m から数百 m の調査区を数箇所設定して潜水観察調査を行います。

また、それぞれの調査区の距離か水表面積を計ります。

そして、それぞれの調査区で観察された個体数の平均値に、川や支流全体の水表面積あるいは距離を調査区の水表面積の平均値あるいは距離の平均値で割った値を掛けます。そのように求められた値は、川や支流全体の観察個体数とみなされます。式にすると次のとおりです。

水表面積の場合

川全体あるいは支流全体の観察個体数

$$= \text{複数調査区の観察個体数の平均値} \\ \times \text{川や支流全体の水表面積} \div \text{複数調査区の水表面積の平均値}$$

距離の場合

川全体あるいは支流全体の観察個体数

$$= \text{複数調査区の観察個体数の平均値} \\ \times \text{川や支流全体の距離} \div \text{複数調査区の距離の平均値}$$

この方法のほうが、(1) の「1 箇所の区間を調査する場合」に比べてより正確な観察個体数を求めることができます。

1.2.7 異なる川や川の区間との比較

観察された個体数を調査した川や川の区間の水表面積（㎡）で割って得られた値は、生息密度（1㎡当たりの生息個体数）のめやすになります。この値は他の川や区間の資源量との比較に使えます。

1.2.8 全長のデータの使い方

調査時に魚の全長を記録しておけば、釣りの対象魚（例えば全長が 15 cm を超える魚）やその年生まれの子供の魚（稚魚や幼魚）、大物（例えば尺物）がどのくらいいるのかなどの資源の状況を知ることができます。

1.3 漁獲調査

一般に、魚がたくさんいればたくさん釣れ、少なければそれほど釣れません。このことを基準に魚の増減を調べます。つまり、漁獲調査は、実際に採捕された個体数を生息個体数のめやすにするという方法です。

1.3.1 採捕方法

調査員が得意なもののうち、調査対象の川でできるだけ魚を多く採捕できる方法を選びます。釣りや投網などが選択されると思います。どのような方法でも結構ですが、調査を通じて、同じ方法、同じ時間の長さで採捕を行ってください。調査を行う時間帯（例えば午前とか午後など）も統一するのが理想です。

調査員による採捕効率（魚の捕れ具合）のばらつきを少なくするために、その採捕方法に熟練した人を揃えとともに、毎回同じメンバーで調査を行うことが望まれます。

1.3.2 生息個体数の指標

漁獲調査における生息個体数の指標には、「単位努力量当たりの採捕個体数」がよく用いられます。これはよく「CPUE（シー・ピー・ユー・イー）」と呼ばれます。「Catch Per Unit Effort（キャッチ・パー・ユニット・エフォート）」の略です。これを式に直すと、

$$\text{CPUE} = \text{総採捕個体数} \div \text{採捕努力量} \quad (\text{式 1})$$

と示されます。

ここで採捕努力量とは、

$$\text{採捕努力量} = 1 \text{ 日当たりの調査人数} \times \text{調査日数} \quad (\text{式 2})$$

と示されます。式 1 に式 2 を組み込むと、

$$\text{CPUE} = \text{総採捕個体数} \div 1 \text{ 日当たりの調査人数} \div \text{調査日数}$$

と示されます。

すなわち、CPUE とは「1 人・1 日あたりの採捕個体数」であることを意味しています。

例えば、4 人が 3 日間、ある禁漁区において漁獲調査を行い、合計 36 個体のイワナを釣り上げたとします。そうすると、この禁漁区における CPUE は、

$$36 \text{ (個体)} \div 4 \text{ (人)} \div 3 \text{ (日)} = 3 \text{ (個体)}$$

と計算されます。

1.3.3 実際の調査での CPUE の求め方

調査区間全体について調査を実施可能な場合は、上記の方法で CPUE を求めることができます。

しかし、距離が数 km に及ぶような川全体や支流全体、長い区間を調査することは、体力的、時間的になかなか困難です。そのような場合は、その水域から距離の短い区を 1 つあるいは複数選んで調査し、得られたデータから川全体や支流全体、長い区間全体の CPUE を求めます。

なお、溪流魚は警戒心が強いので、距離の短い区間に調査員がたくさん入って釣りをしたり投網を打ったからといって、たくさん採捕できるわけではありません。むしろ少人数でいてねいに採捕作業を行ったほうがたくさん採捕できます。したがって、調査区間全体について調査を行う際は、区間を 1 人で採捕できるくらいの短い距離で分けて、それぞれの区に 1 人ずつ入って調査を行うのがよいでしょう。また、川全体や支流全体、長い区間を調査する際に距離の短い区を設けた場合も、それぞれの区に 1 人ずつ入って調査を行うのがよいでしょう。

(1) 1 つの区を調査する場合

距離が数十 m から数百 m の区を 1 箇所設定し、そこで漁獲調査を行います。そして、求められた CPUE を調査対象の川全体や支流全体、長い区間全体の CPUE とみなします。

前述のように、溪流魚の生息個体数は淵や早瀬、平瀬といった生息場所によって異なることが多いので、それらが調査対象の川や支流、長い区間を代表するような数や密度で存在する場所を調査区として選定してください。

(2) 複数の区を調査する場合

数十 m から数百 m の同じ距離の調査区を数箇所設定し、漁獲調査を行います。そして、それぞれの調査区について CPUE を求め、それらの平均値を計算します。その値を川全体や支流全体、長い区間全体の CPUE とみなします。

1.3.4 異なる川や川の区間との比較

求められた CPUE を調査した川や川の区間の水表面積 (m^2) で割って得られた値は、生息密度 (1 m^2 当たりの生息個体数) のめやすになります。この値は他の川や区間の資源量との比較に使えます。

1.3.5 全長のデータの使い方

採捕された魚の全長を記録しておけば、釣りの対象魚（例えば全長が 15 cm を超える魚）やその年生まれの子供の魚（稚魚や幼魚）、大物（例えば尺物）がどのくらいいるのかなどの資源の状況を知ることができます。

多くの都道府県で、溪流魚の全長制限（採捕してよい魚の全長）は 15 cm 超です。そこで、例えば、

$$\text{採捕された魚のうち全長 15 cm 超の魚の個体数} \div \text{CPUE} \div \text{水表面積}$$

という式で得られた値は、他の川や区間との資源量（採捕してよい大きさの魚の生息個体数）の比較に使えます。

第2章 生息個体数の絶対値を求める

2.1 標識再捕法

ある場所に生息する魚の実際の個体数を調べる最も確実な方法は、そこにいる魚をすべて採捕してかぞえることです。例えば、小さな溜池などでは、池の水を干すことによって可能でしょう。しかし、溪流魚の場合は魚をすべて採捕することはとても困難です。このような生物の生息個体数を、統計的な手法を用いて間接的に推定する方法のひとつが標識再捕法です。

標識再捕法では、まず目印（標識）を付けた魚を放流し、次にそれらを再び捕まえて（再捕）、目印のある魚（標識魚）と無い魚（非標識魚）の割合から個体数を推定します。

例えば、ある場所で何個体かの魚を採捕し、標識を付けて放流します（図5）。その数日後に同じ場所でまた魚を採捕して、その中に標識魚が何個体いるのかを調べます。その場所にたくさんの魚がいるほど、最初に標識を付けた魚はその場所の中で「薄まり」ますから、2回目の調査で採捕された魚の中に含まれる標識魚の割合は小さくなります。逆に、その場所の魚の数が少なければ、2回目の調査で採捕された魚の中に含まれる標識魚の割合は大きくなります。この原理を利用して、調査区の個体数を推定するのが標識再捕法です。

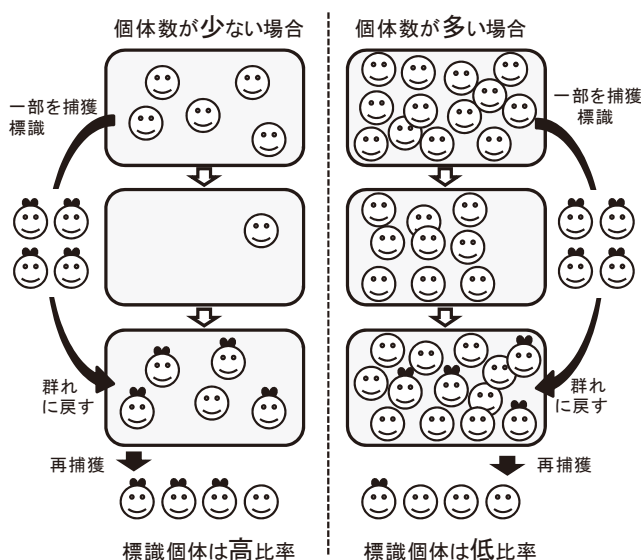


図5 標識再捕法の考え方

2.1.1 採捕方法

調査員が得意な採捕方法のうち、調査対象の川でできるだけ魚を多く採捕できる方法を選びます。釣りや投網などが選択されると思います。

調査員による採捕効率（魚の捕れ具合）のばらつきを少なくするために、その採捕方法に熟練した人を揃えとともに、毎回同じメンバーで調査を行うことが望まれます。

2.1.2 標識の方法

(1) ヒレの切除

溪流魚の標識方法として、アブラビレ（脂鰭）の切除が最も一般的です。アブラビレとは、背ビレと尾ビレの間にある小さなヒレです。アブラビレには、切除が容易で、再生せず、魚への影響が少なく、確認の精度が高いという特長があります。

ヒレを切除する際は、魚への負担を減らすため麻酔をしましょう。

(2) タグ

プラスチック素材の「アンカータグ」という標識があります。代表的なアンカータグには、「バノック型」（図6のa）と「スパゲッティー型」（図6のb）がありますが、バノック型のほうが脱落しにくいといわれています。

タグの軸の長さは、魚のサイズに合わせて選択が可能です。長さは、全長15 cm程度の魚で15 mm、20 cm程度の魚で25 mm、25 cm以上の魚で35 mmをめやすにしてください。

標識の色として視認性の高い赤をおすすめします。

魚への装着に際しては、背ビレの前端もしくは後端の下に、肉を貫通して取り付ける方法が一般的です（図7）。装着の際には必ず魚に麻酔をしてください。

アンカータグはヒレの切除に比べて視認性が高い（発見あるいは確認しやすい）ので、特に潜水観察調査の際に有効です。

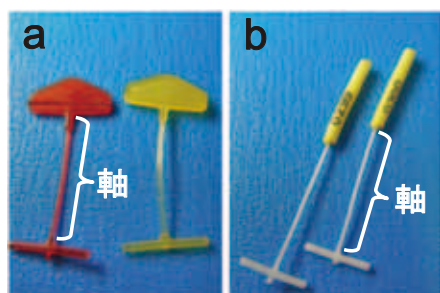


図6 アンカータグの例
a：バノック型、b：スパゲッティー型

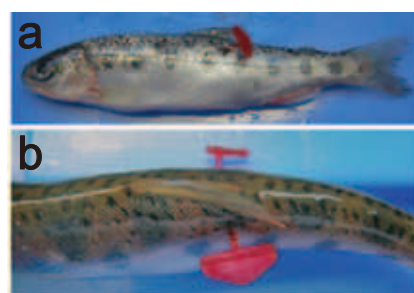


図7 アンカータグの装着位置
a：側面、b：背面

「リボンタグ」という標識もあります。これは、薄くて細長い樹脂製のリボンを肉に刺し通して魚の体に固定するタイプです。また、「エラストマータグ」という、入れ墨のような標識もあります。

2.1.3 標識再捕法とピーターセン法の組み合わせによる個体数の推定

標識再捕法のデータをピーターセン法の式にあてはめて生息個体数を推定します。
標識再捕法により次のデータが集まります。

- ・最初の回の調査で、採捕して標識をして放流した魚の個体数
- ・次の回の調査で採捕された魚の個体数
- ・次の回の調査で採捕された魚のうちの再捕された標識魚の個体数

これらのデータを次のピーターセン法の式にあてはめると、生息個体数が求められます。

生息個体数

$$\begin{aligned} &= \text{最初の回の調査で、採捕して標識をして放流した魚の個体数} \\ &\quad \times \\ &\quad \text{次の回の調査で採捕された魚の個体数} \\ &\quad \div \\ &\quad \text{次の回の調査で採捕された魚のうちの再捕された標識魚の個体数} \end{aligned}$$

例えば、60 個体を採捕して標識をして放流し、数日後の調査で 40 個体の魚が採捕され、その中に標識魚が 10 個体含まれていたとします。これらの値を上記の式に代入すると、

$$\text{生息個体数} = 40 (\text{個体}) \times 60 (\text{個体}) \div 10 (\text{個体}) = 240 (\text{個体})$$

と計算されます。

最初の調査（放流）から次の回の調査（再捕）までの期間が短いほど、推定の精度が向上します。期間が長いと、放流した魚が調査区間からいなくなってしまう確率が高くなるからです。できれば数日以内、最長でも半月以内に 2 回目の調査を行うようにしてください。

ピーターセン法の計算用の Excel ファイルをご希望の方は、「おわりに」に記された問い合わせ先までご連絡ください。

2.1.4 標識魚の再捕個体数が少ない場合の計算方法（チャップマンの修正式）

2 回目の調査での標識魚の再捕個体数や再捕率（＝次の回の調査で採捕された魚のうちの再捕された標識魚の個体数÷最初の回の調査で、採捕して標識をして放流した魚の個体数）が少ない場合、すなわち、

- ① 標識魚の再捕個体数が 10 個体未満の場合
- ② 標識魚の再捕率が 10 % 未満の場合

には、チャップマンという研究者が提案した次の式で生息個体数を推定します。なぜなら、ピーターセン法では標識魚の再捕個体数が少ない場合、推定結果の誤差が大きくなる可能性があるからです。

チャップマンの式（チャップマンの修正式）を以下に示しました。

$$N = ((M + 1) \times (C + 1) \div (R + 1)) - 1$$

N：生息個体数の推定値

M：最初の回の調査で、採捕して標識をして放流した魚の数

C：次の回の調査で採捕された魚の個体数

R：次の回の調査で採捕された魚のうちの再捕された標識魚の個体数

チャップマンの式の計算用の Excel ファイルをご希望の方は、「おわりに」に記された問い合わせ先までご連絡ください。

2.2 除去法

除去法も生息個体数を推定する際によく行われる方法です。

一般に、ある区間で魚を採捕すると、1回目より2回目、2回目より3回目のほうが採捕個体数は減っていきます。この原理を利用して、調査区間の魚を繰り返し採捕して、採捕個体数の減少の割合から生息個体数を推定するのが除去法です。

この方法のおもな作業は魚を採捕することです。また、魚を採捕したり、採捕した魚を一時的に蓄養しておく以外に特別な道具は必要ありません。これらのことから、除去法は比較的簡単な方法といえることができます。

2.2.1 採捕方法

調査員が得意な採捕方法のうち、調査対象の川でできるだけ魚を多く採捕できる方法を選びます。釣りや投網などが選択されると思います。その採捕方法に熟練した人を揃えてください

2.2.2 調査方法

次のとおりです。2回採捕の場合です。

- ① 調べたい川や川の区間で魚を採捕する（1回目）。採捕した魚は生け簀やバケツなどに入れておく。
- ② 翌日から数日ほど間をあけて、同じ場所でもう一度魚を採捕する（2回目）。採捕した魚は1回目の魚とは別の生け簀やバケツなどに入れておく。
- ③ それぞれの回で採捕した魚の個体数をかぞえる。
- ④ 採捕個体数をあとから説明する式や方法にあてはめて、生息個体数を求める。
- ⑤ 採捕した魚を川に戻す。

1回目も2回目も同じ漁具で採捕してください。また、調査員による採捕効率(魚の捕れ具合)のばらつきを少なくするために、1回目も2回目も同じメンバーで採捕を行ってください。

生け簀やバケツなどに収容している間に、魚が酸欠にならないように注意します。

2.2.3 生息個体数の推定(2回採捕の場合)

(1) 計算方法

1回目の採捕個体数と2回目の採捕個体数を次の式にあてはめることによって、調査区間の生息個体数を推定できます。

$$\begin{aligned}\text{生息個体数} &= (\text{1回目の採捕個体数の2乗}) \\ &\div (\text{1回目の採捕個体数} - \text{2回目の採捕個体数})\end{aligned}$$

(2) 計算例

ある川の区間に生息するアマゴの個体数を知ろうと思い、調査をしました。1回目に60個体釣れ、2回目に35個体釣れました。

これらのデータを式にあてはめたところ、

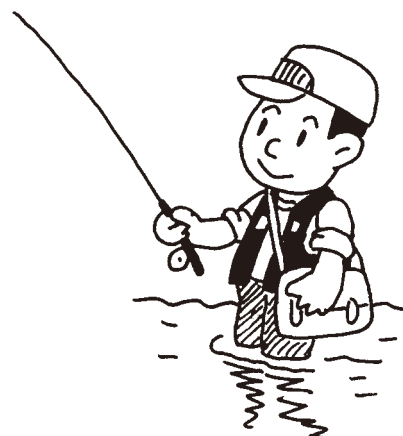
$$\begin{aligned}\text{生息個体数} &= 60(\text{個体}) \times 60(\text{個体}) \div (60(\text{個体}) - 35(\text{個体})) \\ &= 3,600(\text{個体}) \div 25(\text{個体}) \\ &= 144(\text{個体})\end{aligned}$$

となり、生息個体数は144個体と推定されました。

2.2.4 2回採捕の場合の問題点とその対処方法

2回採捕の場合に、採捕個体数が1回目より2回目のほうが多かったり、1回目と2回目で同じになると、除去法での推定ができません。そのような場合は、3回目の採捕を行って、それらのデータを使用して推定を行います。

3回採捕除去法の計算用のExcelファイルをご希望の方は、「おわりに」に記された問い合わせ先までご連絡ください。



第2部 漁獲数、漁獲量の推定方法

漁獲数（漁獲個体数）や漁獲量（漁獲重量）の把握は、資源管理や漁協の経営のうえで大変重要です。

しかし、溪流魚の漁獲は、おもに遊漁によるものであるため漁獲物は自宅に持ち帰られ、市場などに上がらないので、漁獲数量を調べるのはなかなか難しいというのが現実です。

そこで、漁協が実施できる漁獲数量の推定方法をご紹介します。

第1章 漁獲数の推定

まずは漁獲数（漁獲個体数）の推定方法です。

1.1 推定方法の概要

総漁獲個体数は「単位努力量当たりの漁獲個体数」と「漁獲努力量」から推定することができます。すなわち、

$$\text{総漁獲個体数} = \text{単位努力量当たりの漁獲個体数} \times \text{漁獲努力量}$$

で表されます。

単位努力量当たりの漁獲個体数は、よく「CPUE（シー・ピー・ユー・イー）」と呼ばれます（「Catch Per Unit Effort（キャッチ・パー・ユニット・エフォート）」の略）。

溪流釣りの場合、単位努力量当たりの漁獲個体数は「釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値」です。また、漁獲努力量は「総釣行回数」です。「釣り人の延べ人数」ということもできます。

1.1.1 釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値の求め方

単位努力量当たりの漁獲個体数、すなわち、釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値の求め方を説明します。

釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値とは、簡単に言えば次のようなものです。ある川で4人の釣り人がそれぞれ1日（1回）ずつ釣りをして、合計で36個体のイワナを釣り上げました。その場合、釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値は、

$$36（個体） \div 4（人） = 9（個体）$$

と計算されます。

つまり、釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値とは、1回当たりの釣行で平均何個体釣れたのかということです。釣行1回当たりの釣獲個体数の合計（総釣獲個体数）を、釣りに行った回数の合計（総釣行回数数＝釣り人の延べ人数）

で割ることで得られます。

$$\begin{aligned} & \text{釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値} \\ & = \text{総釣獲個体数} \div \text{総釣行回数（釣り人の延べ人数）} \end{aligned}$$

総釣獲個体数を知るのには、大きく分けて次の2つの方法があります。

ひとつは「びく調査(びくのぞき調査)」,もうひとつは「アンケート調査」です(詳しくは、「第1部 資源量の推定方法、第1章 生息個体数の相対値を求める、1.1 びく調査、アンケート調査」(p. 20～21)をご覧ください)。

「びく調査」の方法について簡単に説明します。これは、釣りを終えた釣り人に会って、釣れた魚の個体数を教えてもらうというものです。釣り人の協力が得られれば、魚の全長や体重などのデータを集めることができるという長所があります。そのいっぽうで、調査をしてくれる組合員や釣りを終えた釣り人を見つけるのが大変という短所があります。また、釣れた魚の個体数を教えるのを釣り人が嫌がるということもあります。

アンケート調査とは、例えば図8のような調査票を、遊漁券の販売時に手渡したり、釣り人のものと思われる車のフロントガラスとワイパーの間に挟んでおくなどして、それに釣りに行った年月日、釣りに行った川、釣れた魚の種類と個体数を記入してもらい、回収するという方法です。溪流釣りでは、遊漁券の販売所や漁協の事務所が川から近いところにあることが多いので、調査票を比較的楽に回収できます。郵送や、ホームページやメールアドレスのある漁協ならば、インターネットで回答してもらうという方法もあります。アンケート調査の長所として、調査票への記入は釣り人がしてくれるので手間がかからないということがあります。そのいっぽうで、調査票の回収率が多くの場合それほど高くないことや、釣れた魚を確認できないので魚の全長や体重を計れないという短所があります。

日券利用者用 釣獲調査票

〇〇漁業協同組合

22 年 4 月 15 日

釣り人名(できれば)

日券販売所名: ○×ストア 券種: 日釣り

釣った時刻		天気	釣った魚		釣りの方法	備考
開始	終了	晴れ/雨	魚種名	尾数	餌/ルアー/フライ	
6	17	晴れ/雨	ヤマメ	5	餌	記入例
			ニジマス	1	餌	

漁協では釣り人の皆様に、より楽しんでいただけるよう努力しています。

この調査もその一環です。

調査票への記入と提出をよろしくお願いいたします。

お帰りの際に、この調査票をお近くの回収箱に入れるか、監視員にお渡しください。

回収箱は漁協事務所、おもな駐車場、遊漁券販売所にあります。

図8 日釣り券の釣り人用の調査票の例

集まったデータをもとに、1回釣行当たりの釣獲個体数を足して総釣獲個体数を求め、その値を総釣行回数で割って、釣り人1回釣行・1人当たりの釣獲個体数の平均値を求めます。

総釣行回数、つまり釣り人の延べ人数は、遊漁券の販売枚数および組合員の中の浮流釣り人数とその釣行回数から求めます。

$$\begin{aligned} & \text{総釣行回数（釣り人の延べ人数）} \\ & = \text{日釣り券の販売枚数} + \text{年券購入者の釣行回数} \\ & \quad + \text{溪流釣りをする組合員の釣行回数} \end{aligned}$$

提出先: ○○組合事務所(住所記入、)
郵送の場合:
ご不明の点がありましたら以下の連絡先へお知らせください。
○○漁協事務所 TEL xxxx-xx-xxxx

— 38 —

一般に、溪流釣りの遊漁券には日券と年券の2種類あります。

日釣り券の場合は、その販売枚数が釣り回数（釣り人数）です。

年券については、これを持っている人はいつでも釣りができるため、実際に釣りに行った回数を調べなければなりません。

ではどうしたらよいでしょう？ 次のような方法があります。

年券の購入者の何人かに、何回釣りに行ったのかを報告してもらいます。例えば図9のような調査票を渡して、釣りに行った年月日、釣りに行った川や場所の名前、釣れた魚の種類と個体数を記録してもらいます。そして、調査票を回収して、次の計算をします。

年券の販売数がA枚の場合、釣り人数もA人となります。このうちアンケートへの協力者はa人です。そのa人が延べB回（B日）釣りに行ったとすると、A人全体での総釣り回数は、

$$\text{総釣り回数（釣り人の延べ人数）} = A \times B \div a$$

と表されます。

1.2 具体的な漁獲個体数の推定

1.2.1 年ごと・月ごと・日ごとの推定、漁協全体・川ごと・川の区間ごとの推定
今まで述べてきましたように、下の式で総漁獲個体数を推定できます。

総漁獲個体数

$$= \text{釣り人1回釣り・1人当たりの釣獲個体数の平均値} \\ \times \text{総釣り回数（釣り人の延べ人数）}$$

この式に、「年間」の「漁協全体」での釣り人1回釣り・1人当たりの釣獲個体数の平均値と総釣り回数（釣り人の延べ人数）をあてはめて計算すれば、「その年の漁協全体」での総漁獲個体数が推定されます。

「月ごと」の「漁協全体」での釣り人1回釣り・1人当たりの釣獲個体数の平均値と総釣り回数（釣り人の延べ人数）をあてはめて計算すれば、「その月の漁協全体」での総漁獲個体数が推定されます。月ごとに漁獲個体数を推定して、それを合計して年間の総漁獲個体数を求めるという方法もあります。

「ある日」の「漁協全体」での釣り人1回釣り・1人当たりの釣獲個体数の平均値と総釣り回数（釣り人の延べ人数）をあてはめて計算すれば、「その日の漁協全体」での総漁獲個体数が推定されます。

同様に、「ある川」や「ある川の区間」でのデータをあてはめて計算すれば、「年ごと」や「月ごと」、「日ごと」の「その川」や「その川の区間」での総漁獲個体数を推定できます。

目的に合わせてデータを収集して推定を行ってください。

1.2.2 推定の例 – 年間の漁協全体での総漁獲個体数の推定 –

以下に推定の例を記します。

200 人を対象にアンケート調査を行った結果、年間に漁協全体で合計 1,000 回の釣行で（延べ 1,000 人の釣り人）、計 4,000 尾の溪流魚が釣られていることがわかりました。つまり、釣り人 1 回釣行・1 人当たりの釣獲個体数の平均値は、

$$4,000（個体）\div 1,000（回あるいは人）= 4（個体）$$

と計算されます。

いっぽう、遊漁券の販売枚数を集計した結果、年間に漁協全体で溪流釣りの日釣り券が 800 枚売れていました。

また、溪流釣りの年券は 200 枚売れており、この年券の購入者 200 人のうち 40 名を対象にアンケート調査を行ったところ、これらの釣り人は年間に合計で 200 回溪流釣りをしていました。

溪流釣りをする組合員は 80 名で、そのうち 20 名にアンケート調査を行ったところ、年間に合計で 300 回溪流釣りをしていました。

総釣行回数（釣り人の延べ人数）の計算式は、

$$\begin{aligned} & \text{総釣行回数（釣り人の延べ人数）} \\ &= \text{日釣り券の販売枚数} + \text{年券購入者の釣行回数} \\ & \quad + \text{溪流釣りをする組合員の釣行回数} \end{aligned}$$

です。したがって、総釣行回数は、

$$\begin{aligned} & 800（日釣り券購入者の釣行回数）+ 200 \times 200 \div 40（年券購入者の釣行回数） \\ & + 80 \times 300 \div 20（組合員の釣行回数） \\ &= 800 + 1,000 + 1,200 \\ &= 3,000 \end{aligned}$$

と計算されます。

これらの値から、総漁獲個体数は、

$$\begin{aligned} & 4（釣り人 1 回釣行・1 人当たりの釣獲個体数の平均値） \\ & \times 3,000（総釣行回数・延べ釣り人数）= 12,000（総漁獲個体数） \end{aligned}$$

と推定されます。

1.3 漁獲尾数の推定を行う際の問題点

日釣り券や年券が「雑魚券」となっていたり、アユの遊漁券と分けられていないために、溪流魚だけについての推定を行うことができない漁協が多いと考えら

れます。

溪流魚の増殖や資源管理を科学的に行うためには、溪流魚だけについての釣り人の数や遊漁料収入、漁獲数量などを知る必要があるため、溪流釣り単独の遊漁券を発行することについて漁協内で検討する必要があります。

第2章 漁獲量の推定

総漁獲個体数に釣られた魚の平均体重を掛けることで総漁獲量（総漁獲重量）を求めることができます。この章では漁獲重量の求め方を説明します。

2.1 平均体重の求め方

平均体重の求め方には、大きく分けて次の2つの方法があります。

ひとつは、複数の魚について全体の重さを計り、その重さを測定した魚の数で割るという方法です。

もうひとつは、1個体ずつ重さを計り、その重さの合計を測定した魚の数で割るという方法です。

前者の場合は、それほど細かい目盛りのはかり（秤）は必要なく（最小読み取り単位が50 g以下のものでだいじょうぶでしょう）、短時間で平均体重を求めることができます。

後者のほうが前者より時間がかかりますが、より正確な値を得ることができます。最小読み取り単位ができれば5g未満の細かい目盛りのはかりを使います。最近、コンパクトでデジタル表示の、しかも濡れても使え、電池でも稼働するはかりが比較的安価で売られています。

2.2 重さの計り方、はかりの使い方

水の重さをなるべく計らないように、魚から水をよく「切って」体重を計ります。また、傾斜のある場所や風の当たる場所などで量ると正しい重さを計れないので、平らな場所にはかりを置いて計りましょう。

時々、重さのはっきりしたものをを用いて、はかりの精度を確認しておきましょう。

2.3 漁獲重量の計算方法

下の式のように、総漁獲個体数に漁獲された魚の平均体重を掛けて総漁獲重量を求めます。

$$\text{総漁獲重量} = \text{総漁獲個体数} \times \text{漁獲された魚の平均体重}$$

魚は徐々に成長します。また、餌が多いと太り、少ないと痩せます。そのため、例えば年間の総漁獲重量を計算する際には、特定の季節や月に偏らないように平均体重を求めてください。

第3部 種苗放流の効果の調査方法

溪流魚について多くの漁協さんが種苗放流（いわゆる「放流」）を行い、資源の増殖や維持に取り組んでいます。放流には大きく分けて、稚魚放流、成魚放流、発眼卵放流の3つの方法があります。

漁協の中には、自分たちの放流した魚や放流した卵から生まれた魚がどのくらい漁場に残っているのか、どのくらい成長しているのかなどを知りたいのですが、そのような調査をできずにいるところが多いと考えられます。調査して増殖効果が低いことがわかった場合には、放流方法の変更を検討することも必要です。

そこで、ここでは放流の効果調べる方法をご紹介します。

第1章 稚魚放流の効果調べる

稚魚放流は、種苗の単価が安くてたくさん放流できることなどから全国的に多く実施されています。しかし、採捕してよい大きさ（多くの都道府県で全長15cmを超えるサイズ）に成長するまでに時間がかかります。それまでの残存率（いわゆる「歩留まり」）が低くては、せっかくの努力が報われません。

なお、生物の生き残りの状況を表す指標として「生残率」があります。生残率は「元の個体数に対する生き残っている個体数の割合」です。しかし、生物の中には移動する個体があり、調査範囲から出ていってしまうことがあります。そうすると、調査の結果求められた生残率は実際の生残率よりも小さくなってしまいます。また、溪流魚のような水産資源の場合、増やしたい場所にいる魚が私たちの利用できる資源です。そこで、このマニュアルでは生残率ではなく「残存率」という用語を使います。残存率は、「元の個体数に対する漁場に残っている個体数の割合」です。

1.1 残存率の調べ方

1.1.1 標識再捕法

標識再捕法で残存率を知ることができます。放流後、残存率を知りたい時に標識再捕法で個体数を推定し、その値を放流時の個体数で割って求めます。式にすると次のようになります。

$$\text{残存率（\%）} = \text{残存個体数（個体）} \div \text{放流個体数（個体）} \times 100$$

標識再捕法の方法については、「第1部 資源量の推定方法、第2章 生息個体数の絶対値を求める、2.1 標識再捕法」（p.31～34）をご覧ください。

稚魚放流の場合の残存率の具体的な求め方は次のとおりです。

- ① 稚魚放流を行った川や区間に野生の魚が生息していると、標識再捕法で個体数を推定しても、野生の稚魚も含めて推定してしまう。それを避けるために、放流する魚のヒレを放流前に切除をしておき、それを放流魚の標識とする。切除するヒレはアブラビレがよい。採捕した時にその魚が放流魚であることがわかるように、アブラビレを根元から遠慮せずに切る。アブラビレには、切除が容

- 易で、再生せず、魚への影響が少なく、確認の精度が高いという特長がある。
- ② 標識再捕法によって個体数を推定する。採捕された魚のうち、アブラビレの無い魚が放流魚である。それらの魚について、アブラビレ以外のヒレを切って、その時の標識再捕法の標識とする。この標識は数日後の再捕時まで判別できればよいだけなので、腹ビレや尾ビレの一部を切ればよい。
 - ③ 標識再捕法で推定した個体数を放流時の個体数で割って、それに 100 を掛けた値が残存率である。

例えば、6 月に放流を行い、その時の個体数が 1,000 尾で、8 月の推定個体数が 300 個体であった場合、6 月から 8 月にかけての残存率は

$$300（個体） \div 1,000（個体） \times 100 = 30（\%）$$

と計算されます。

稚魚は、釣りで採捕されるような大きな魚とは違った場所に棲んでいます。稚魚がいるのは、岸寄りの水深が浅く、流れが緩やかな場所です。ワンドのような場所も好みます。地域や川によって違いますが、そのような場所にだいたい梅雨頃までいて（全長で 5 cm くらいまで）、その後、徐々に深くて流れが急なところに生息場所を移していきます。

岸寄りの水深が浅く、流れが緩やかな場所や、ワンドのような場所にいる間は、釣りや投網ではなかなか採捕できません。岸に沿って歩きながら偏光メガネなどを使って水中を観察し、発見したら、小型のたも網で採捕します。

全長で 5 cm を超すような幼魚サイズになると、成魚と似たような場所に棲むようになります。しかし、まだ小さくて、釣りではなかなか採捕できません。また、稚魚のように岸寄りにいないので、小型のたも網で採捕できません。そのため投網で採捕します。

幼魚でも全長で 8 cm を超すと、釣りでも採捕できるようになります。釣りや投網で採捕しましょう。

なお、溪流魚については多くの都道府県の内水面漁業調整規則に全長制限が規定されており、多くの場合全長 15 cm を超えた魚でないと採捕してはいけません。調査のために 15 cm までの魚を採捕する場合は、都道府県知事の許可（特別採捕許可）を得てください。

1.2 回収率（放流個体数に対する漁獲個体数の割合）の求め方

放流した魚のうち、どのくらいの割合の魚が漁獲（溪流魚の場合はおもに釣獲）されたのかを知ることができます。放流個体数に対する漁獲個体数の割合を「回収率」といいます。

方法は次のとおりです。

- ① 放流魚の全個体にアブラビレ切除の標識をする。
- ② 放流魚、つまり標識魚について、びく調査やアンケート調査を行い、釣り人 1 回釣行・1 人当たりの釣獲個体数を求める。その値に釣行回数（釣り人の延べ

人数)を掛けて、放流魚の総釣獲個体数を求める(推定方法は、「第2部 漁獲数、漁獲量の推定方法、第1章 漁獲数の推定」(p.36)を参照)。

- ③ 放流魚の総釣獲個体数の推定値を放流個体数で割って、100を掛けた値が回収率である。

例えば、放流個体数が2,000尾で、放流魚の総釣獲個体数の推定値が400尾であった場合、回収率は

$$400(\text{個体}) \div 2,000(\text{個体}) \times 100 = 20(\%)$$

と計算されます。

1.3 成長の調べ方

成長(育ち具合)については、放流時に全長を計り、その後の調査時にどのくらいの大きさになっているのかで判断します。

放流時、その後の調査時ともに、20個体を目標に全長を計り、その平均値を計算して比較すればよいでしょう。

1.4 産卵したのかどうかの確認方法

放流した稚魚も、生き残ったり釣れ残って成熟年齢に達すれば産卵します。アブラビレを切除しておけば、それを標識として産卵したのかどうかを確認できます。方法は次のとおりです。

- ① 産卵期に、産卵行動中の魚を採捕する。また、ヤマメ、アマゴの場合は、産卵後に多くの魚が死ぬので、死体(サケでいう「ホッチャレ」)を拾う。
- ② 採捕したり拾った魚について、アブラビレがあるかどうかを確認する。アブラビレがなければ、それらの魚は放流魚である。

ただし、溪流魚については多くの都道府県の内水面漁業調整規則に禁止期間(禁漁期)が規定されており、産卵期には魚を採捕できません。産卵期に魚を採捕する場合は、都道府県知事の許可(特別採捕許可)を得てください。

第2章 成魚放流の効果を調べる

成魚放流とは、すぐに釣りの対象になる大型の魚を放流することです。成魚放流についても、残存率や回収率、成長、産卵の有無を調べることができます。

2.1 残存率の求め方

2.1.1 標識再捕法

稚魚放流の場合と同じように、標識再捕法で残存率を知ることができます。方法は稚魚放流の場合とほぼ同じです。

成魚の場合は、体が大きいので、アンカータグを付けることができます。アンカータグを標識として標識再捕法を行うことも選択肢に入れてください。アンカータグの種類や付け方については、「第1部 資源量の推定方法、第2章 生息個体数の絶対値を求める、2.1 標識再捕法」(p. 31～34)をご覧ください。

2.1.2 潜水観察調査と標識再捕法の組み合わせ

潜水観察調査と標識再捕法を組み合わせを行い、残存率を求めるという方法です。放流する成魚にアンカータグを付け、それを標識として標識再捕法を行います。潜水観察調査の方法については、「第1部 資源量の推定方法、第1章 生息個体数の相対値を求める、1.2 潜水観察調査」(p. 22～29)をご覧ください。

2.2 回収率（放流個体数に対する漁獲個体数の割合）の求め方

稚魚放流の場合と同じように、放流した魚のうち、どのくらいの割合の魚が釣られたのか（回収率）を知ることができます。

方法は稚魚放流の場合と同様です。

2.3 成長の調べ方

方法は稚魚放流の場合と同じです。

2.4 産卵したのかどうかの確認方法

放流した成魚も、生き残ったり釣れ残れば、産卵に参加します。

稚魚放流の場合と同様に、アブラビレを切除しておけば、それを標識として産卵の有無を確認できます。

方法は稚魚放流の場合と同じです。

第3章 発眼卵放流の効果を調べる

発眼卵放流は、発眼期（眼ができた頃）の卵を川底に埋めて放流するという方法です。発眼卵の持ち運びは稚魚や幼魚に比べて楽なので、稚魚放流や成魚放流のできない上流域や支流の奥に放流できるという長所があります。そのいっぽうで、不適当な場所（溪流魚が産卵しないような川底が砂や泥の場所、流れがないような場所など）に放流すると卵が全滅してしまうという短所もあります。

ここでは、発眼卵放流が成功したのかどうかを確認する方法を紹介します。

3.1 稚魚の観察

前述のように、稚魚は岸寄りの水深が浅く、流れが緩やかな場所やワンドのような場所に棲んでいます。稚魚が見られそうな時期にそのような場所を観察して、発眼卵放流を行う前に比べて稚魚が多く見られたら、放流は成功したと推測します。

ただし、この調査のためには、発眼卵放流を行う前のデータが必要です。また、稚魚がたくさん見られたからといって、それらの魚が発眼卵放流由来とは限らない（自然産卵により生まれた稚魚である可能性を否定できない）という欠点があります。

第4部 産卵状況の調査方法

溪流魚についての最近の研究で、自然産卵で生まれた魚の残存率が放流魚のそれよりもとても高いことが明らかになりつつあります。産卵が順調に行われれば、私たちが想像する以上に魚は増えるのです。

また、溪流釣りの釣り人の中には、自然産卵で生まれたヒレのぴんとしたきれいな魚を釣りたいと願っている人が多いと考えられます。

放流も大切ですが、産卵を促進させることも重要です。

産卵が順調に行われているのかどうかを確認するには、大きく分けて次の3つの方法があります。

- ① 産卵床（産卵が行われた場所）の数をかぞえる。
- ② 稚魚の数をかぞえる。
- ③ 幼魚の割合を調べる。

これらの方法について説明します。

第1章 産卵床の数をかぞえる

産卵床の数をかぞえて、その数を前年と比較することで、産卵が順調に行われたのどうかを推測することができます。

1.1 産卵床とは

溪流魚は、秋（10～11月）に、水深が10～30 cmで、川底が直径2～5 cmの大きさの砂利で覆われた、流れの緩やかな淵尻や平瀬で産卵します。イワナはそのような場所だけでなく、岸寄りの岩や石、倒木の脇の、流れがないような場所でも産卵します。

メスが川底にくぼみを掘り、そこに卵を産んだあと、砂利をかけて埋め戻します。そのため、産卵が終わったあとには「産卵床」と呼ばれる「塚」のような構造が形成されます。図10の写真が産卵床の例です。上から見ると、産卵床は円や楕円のような形をしています。長径（長い方の直径）は小さいもので30 cm程度であり、大きいもので1 m程度です。

1.2 産卵床のかぞえ方

産卵床のかぞえ方は次のとおりです。

- ① 一般に、紅葉が始まる少し前にヤマメ、アマゴの産卵が始まり、紅葉のピーク

の頃にイワナの産卵が始まる。そして、およそ11月中に産卵期は終わる。川のそばに住んでいる人やよく釣りに行く人に聞けば、おおまかな産卵期がわかる。産卵が始まる少し前から調査を始めて、産卵が終わるまで調査をすれば、ほぼすべての産卵床をかぞえることができる。

- ② 産卵場所の特徴や産卵床の形状は前述のとおりである。上流に向かって歩きながら水中を観察して、そのような場所を探す。魚はたいてい上流を向いて泳いでいるので、下流に向かって歩くと、こちらの姿に気付かれて逃げられてしまう。
- ③ 産卵床を見つけたら、数と魚種名、場所を、図11のような調査票や地図などに記録する。
- ④ 産卵後1週間もすると、砂利に藻類が付くなどしてまわりの様子に馴染んで、産卵床の確認が難しくなる。数日から1週間くらいの間隔で調査を行うのがよい。



図10 産卵床の例（周囲に比べて白っぽい場所が産卵床）

水が濁っていると産卵床を見つけることができません。水の透明度の高い日に調査を行ってください。また、雨が降っていると、水が濁っていなくても雨粒が川の水面に波紋を作って観察しにくくなるので、そのような日も避けましょう。

なるべく岸を歩きながら調査を行います。産卵床を踏むと、産み付けられている卵が死んでしまうからです。川の中を歩かなければならない場合は、産卵床を踏まないよう注意するとともに、上流に向かって歩きましょう。下流に向かって川の中を歩くと、水が濁って観察しにくくなります。

前の回の調査の時に確認した産卵床を再びかぞえないようにするため、一度かぞえた産卵床の上や近くに、ビニールテープなどを巻いた握りこぶしくらいの大さの石を目印として置くのがよいでしょう（図12）。

種名を確認する前に魚に逃げられた場合は、1時間ほど待って再びそこに行きます。たいてい魚は戻って来ます。

同じ川でイワナとヤマメあるいはイワナとアマゴが産卵している場合、親魚を確認できればどちらの種の産卵床なのかを区別することができます。すでに産卵が終わっていて親魚を確認できない場合は、産卵場所の環境条件や産卵床の形状

の違いから種名を推測します。前述のように、イワナ、ヤマメ・アマゴともに、流れの緩やかな淵尻や平瀬で産卵し、イワナはそのような場所だけでなく、岸寄りの岩や石、倒木の脇の、流れがあまりない場所でも産卵します。

(記入様式) 記入見本

産卵調査用紙

ふせ川 漁業協同組合

調査年月日 2010.10.14 調査河川名: ふせ川支流・梓沢
 開始時刻: 8:30 調査員氏名: 大庭一正
 終了時刻: 11:30

調査方向: 下流 → 上流 矢印で調査の方向を記録する

調査区域
 区間名 梓沢上流区
 上流端 基美C
 下流端 基美A
 平均川幅 約4m
 区間長(川なり) 1,540m

天候 くもり
 水量 平水
 濁り ほとんどなし
 水温(測定時刻) 14.5°C, (10:20)

産卵床数 A→B (750m) 正正正 計15 B→C (790m) 正正正正 計19 合計34 新規計数あり	正の字で産卵床数を記入していく 今回新たに形成されていたものだけか、前回までのものを含むか
---	--

区間毎に距離がわかれば別々に記録する

備考 産卵親魚は見当らず、産卵はほぼ終了した模様。
 特に気の付いたことや、河川、河畔林の状況などの様子についても記入する



図12 産卵床の上に置いた目印の石

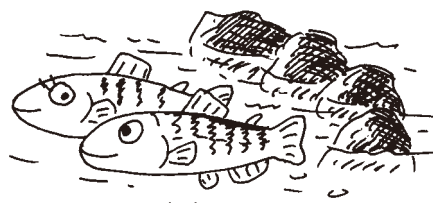


図11 産卵床調査用の調査票の例

第2章 稚魚の個体数をかぞえる

冬の間には卵はふ化し、春に稚魚が泳ぎ出します。もちろん、産み出された卵のすべてが稚魚になるわけではありません。しかし、稚魚の個体数も産卵の状況を知るための指標になります。毎年、同じ時期に、同じ調査区間で、同じ方法で調査して稚魚の個体数をかぞえ、その値を年の間で比較すれば、産卵が順調に行われているのかどうかを知ることができます。

2.1 調査方法

稚魚の個体数の調べ方については、「第3部 種苗放流の効果の調査方法、第1章 稚魚放流の効果調べる」(p.42～44)をご覧ください。

なお、稚魚放流が行われている場所で調査を行うと、推定された生息個体数の中に放流魚が混ざってしまいます。それを避けるためには、放流魚の全個体についてヒレ切除などの標識をしておくという方法があります。この標識をもとに、

野生魚（自然産卵で生まれた魚）と放流魚それぞれについて生息個体数を推定することができます。

第3章 幼魚の割合を調べる

初夏になると稚魚は成長し、幼魚の段階になります。溪流魚では、全長で5 cmを超えた魚を幼魚と呼んでよいでしょう。

溪流魚の場合、この時期でも当歳魚（0歳魚）である幼魚と1歳以上の魚とは体の大きさが違うので、全長を計って比べれば、当歳魚と1歳以上の魚を分けることができます。

採捕された魚の中に占める幼魚の割合が高ければ、産卵が順調に行われたと推測することができます。

3.1 調査方法

調査方法は次のとおりです。

- ① 毎年、ほぼ同じ時期に、川と同じ区間で、同じ方法で魚を採捕する。採捕方法は釣りか投網がよい。釣りと投網の両方を行うという方法もある。その場合は、釣り、投網それぞれを行う人の数を毎年同じにする。
- ② 採捕したすべての魚について全長を測る。
- ③ 図10のように、グラフ用紙の上で横軸に1 cm刻みで全長の目盛りを取り、縦軸に1個体刻みで採捕個体数を積み木のように乗せていく。このような図を「全長組成図」と呼ぶ。
- ④ 1歳以上の魚に比べて当歳魚である幼魚の全長は小さいので、幼魚の「山（やま）」は図の左のほうに分布する。うまくいくと、図の上で1歳以上の魚との間に隙間（溝）ができる。図13では、隙間が全長10 cmのところにある。
- ⑤ 隙間ができたなら、隙間の左側の魚はすべて幼魚とみなす。隙間ができない場合は、図の上での幼魚の「山（やま）」と1歳以上の魚の「山（やま）」との間に境目を仮定する。そして、境目の左側の魚を幼魚とみなす。境目上の全長の魚については、半分の個体数の魚を幼魚とみなす。
- ⑥ 幼魚の個体数をかぞえて、総採捕個体数に占める割合を求める。その値が大きいほど幼魚の個体数が多く、前年に産卵が順調に行われたと推測する。

ただし、釣られてしまったなどの理由で1歳以上の魚の個体数が少ないと、幼魚の割合が高くなります。例年に比べて1歳以上の魚の採捕個体数が不自然に少ない場合は、これらの魚が多く釣られた可能性があるので、この方法は行わないようにしてください。

なお、溪流魚については、多くの都道府県の内水面漁業調整規則に全長制限が規定されており、多くの場合全長 15cm を超えた魚でないと採捕できません。調査のために 15 cm までの魚を採捕する場合は、都道府県知事の許可(特別採捕許可)を得てください。

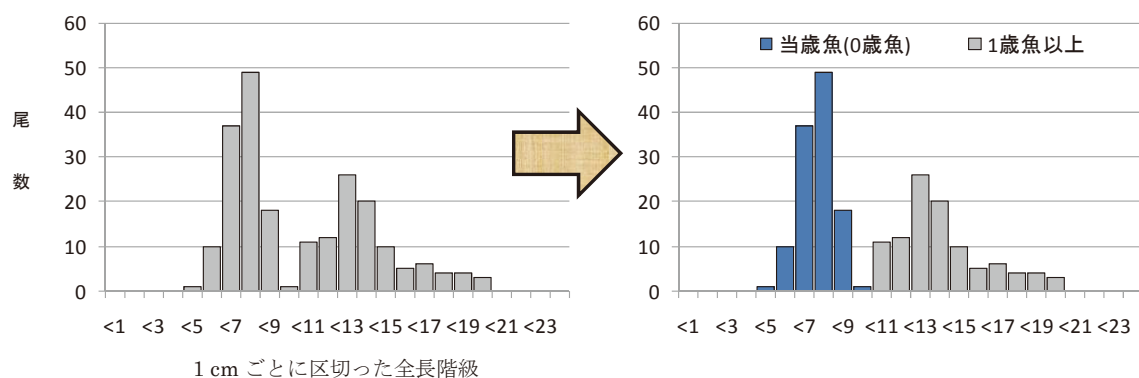


図 13 採捕された魚の全長組成図



おわりに

このマニュアルを利用して、多くの漁協が溪流魚の天然魚や遊漁・漁業資源のモニタリング調査を実施してくださることを期待します。知りたいことに対してどの調査方法が適しているのかわからない場合は、都道府県の水産試験場などにご相談ください。また、この後に掲載した資料1も参考になさってください。

調査に際して、以下のことに注意してください。

川での調査には多くの危険が伴います。事故のないように細心の注意を払ってください。漁協のみなさんは長年川とともに暮らしているので、そのことは十分理解されていることと思います。しかし、いつもの見慣れた川でさえ、増水時にはその姿を変え、また、平水時でも足元が流れですくわれて、思わぬ事故が起きます。川に入る際には、装備や天候、現場の状況、調査員の体調などに十分に配慮してください。

継続して調査を行うことで、資料としてのデータの価値が上がります。漁協の調査の目的は論文を書くことではありません。継続して実施することを第一の目的にするのがよいでしょう。最初に欲張りすぎて息切れしてしまわないように、調査場所や調査方法の選定にあたっては、負担が大きくなり過ぎないようにすることをお勧めします。

採捕の方法や時期、対象とする魚の大きさによっては、都道府県知事から特別採捕の許可を得なければならない場合があります。調査を行う場合、計画の段階から都道府県の水産主務課に相談するのがよいでしょう。

このマニュアルについてご不明の点がありましたら、都道府県の水産試験場などや下記の機関にお問い合わせください。

全国内水面漁業協同組合連合会

〒107-0052 東京都港区赤坂1-9-13 三会堂ビル

電話 03-3586-4821 ファックス 03-3586-4898

電子メール zennaigyoren@naisuimen.or.jp

独立行政法人水産総合研究センター 増養殖研究所 内水面研究部

〒321-1661 栃木県日光市中宮祠2482-3

電話 0288-55-0055 ファックス 0288-55-0064

調査研究を遂行するに当たり、計数形質ならびに計量形質の測度をもって記載される形態は、(1)種や亜種の分類、(2)発育段階の推定、(3)成長の推定、(4)機能の推定などに利用される。測定範囲は厳格に定義するのが普通で、共通のルールが標本間の比較を可能にする。標準体長と言えは吻端から脊椎骨末端までの長さを指定し、頭の先から尾鰭の先まで表す全長とは常に別物であるように。種(亜種)を分ける際、モードに違いが認められるからといって、レンジが大幅に重複しているような形質では、分類ツールとしての用をなさない。琵琶湖水系でアマゴと同所的に生息するビワマス河川残留型は、そっくりな外見を呈している。両者の幽門垂数、上部・下部横列鱗数や腹鰭条数には有意差が存在するのだが、それぞれのレンジ重複しているために、単一の形質で両亜種を分離することが妨げられる。これら4つの形質を取り込みながら判別分析を実施してみたところ、正判別率に優れた関数を得られた。複数の形質を同時に扱うことで、ツールとしての精度が格段に向上することがある。

さまざまな状況下で魚の映像資料は蓄積される。手に取って検分することができなければ、詳細な計数値を得ることは難しい。しかし、平面上に展開されたプロポーションを基に、種(亜種)の表徴が読み解かれる場合がある。モルフोटリーでは、体表の一定の部位(吻端や鰭の基部など)にランドマークを設定し、梯子状に結ばれた点間の距離を測る(図4.5-1)。各計測値は体長などで除いて、標準化しておく。上高地を流れる梓川には同属のイワナとカワマスが生息している。これらの体側を取めたデジタル画像から求めたプロポーションについて、判別分析を施したところ、高い正判別率で両者を分離することに成功した。

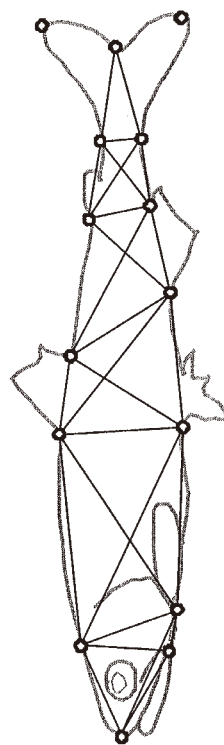


図4.5-1. モルフोटリーにおけるランドマーク(○印)と測定部位(実線)。

* 独立行政法人 水産総合研究センター中央水産研究所 井口恵一朗

一般に、体のある部分の大きさ y と別の部分の大きさ x は、相対成長に基づく非比例的成長関係を示す($y=bx^a$ 、 a は平衡定数、 b は初成長指数)。ところが、個体のコンディションの目安としては、(体 重)/(体長)³で与えられる肥満度が用いられることが多い。3という数字で表される平衡定数に拘泥されると、体サイズの異なる個体間の比較が曖昧になってしまうので、注意する必要がある。このような時は、両対数グラフ上に回帰させた体長・体重直線と実測値とのズレ(残差)をもって個体のコンディションの指数とすればよい。そうすれば、複数の体サイズクラスを含んだ個体群のデータを、包括的に処理することができる。

魚体を観察していると、発育段階や性の違いによって、体つきがふつくとしたり、顔つきが陰しくなったりしていると感ずることがある。これらはいずれも直感による抽象的な表現であり、数値を当てはめた重み付けには馴染まない。しかし、適当なランドマークを使ったモルフोटリーにより、数値化も可能になる。プロポーションのデータを主成分分析にかけると、多くの情報が比較的小数の情報に再配分される。各因子負荷量の大小を考慮すれば、体つきや顔つきに対応する主成分が見つかるはずである。問題となる主成分において、各個体に割り振られたスコアが、抽象的なイメージ上の程度を示す数値的尺度となる。

資料1. 過去の報告書に掲載された調査方法 この資料も参考にしてください。

(出典 有用資源生態系管理手法開発事業報告書、水産庁)

第2節 遺伝子解析*

近年のマクロな自然史研究において、ミクロな分子的手法を用いたアプローチが定番になりつつある。溪流魚の調査では、(1)類縁系統関係の推定、(2)遺伝的多様性の推定、(3)遺伝標識などに適用される。従来のタンパク質に基づくアロザイム分析では、対象生物の殺生は不可避であった。ところが、遺伝子をターゲットにすれば、鰭の一部や鱗のような少量の資料があれば充分で、対象の生命を脅かすこともない。アルコール中に保存された資料のみならず、冷凍標本や乾燥標本でも分析に耐える。PCR (polymerase chain reaction) 法が、目的遺伝子領域の速やかな増幅を可能にしたためで、その恩恵は計り知れない。

遺伝子は、核ゲノムにもミトコンドリア (mt) ゲノムにも存在する。2セット備わる核 DNA には膨大な量の情報が含まれているが、減数分裂のたびに組み替えが起こるので扱いは複雑になる。母系遺伝する mtDNA はとてもコンパクトで、1セットのみの存在となるが、コピー数が多いので扱い易い。ゲノムは用途に応じて使い分けられよく、次々と開発される手法が適切な分析をサポートしてくれらる。非特定領域には DNA フィンガープリント分析・RAPD (random amplified polymorphic DNA) 分析・AFLP (amplified fragment length polymorphism) 分析、特定領域には RFLP (restriction fragment length polymorphism) 分析・SSCP (single strand conformation polymorphism) 分析・SSOP-PCR (PCR with a site specific oligonucleotide primer) 分析・塩基配列決定・マイクログサライト DNA 分析等が適用される。

DNA データはさまざまな分析によってもたらされる。しかし、汎用性を考慮すれば、塩基配列の決定が基本データとなる。PCR 法で特定の領域が増幅しやすいというミトコンドリアの利便性を生かして、mtDNA の塩基配列を使うことが多い。種間、亜種間あるいは地域個体群間の塩基配列を比較することで、遺伝子系統樹が得られる。2個体間の塩基配列の相違を総和することで与えられる塩基多様度は、個体群内の遺伝的多様性の尺度となり、個体群間の比較にも使用できる。ただし、塩基配列の決定には、高価な機器に加えて、少なからぬランニングコストが要求される。廉価に済ませる必要があれば、多少精度が落ちるものの、RFLP 分析が使えらる。この分析では、ハプロタイプが比較検討の対象となる。

mtDNA の塩基配列では、個体間の変異が検出されないことがある。変異レベルが、遺伝子ツールとしての限界感度を下回っている可能性も考えなくてはなら

ない。実際に、多くのサケ科魚類において、mtDNA の塩基配列は、個体間の変異性に乏しいことが知られている。そのような場合でも、進化速度の速いマイクログサライト DNA ならば、変異を感じることがある。マイクログサライト DNA を使用する際の難点は、任意の種について利用可能な DNA が、必ずしも整備されていないところにある。マイクログサライト DNA の単離を得意とする野外研究者が、それほど多くいるとは思われない。既存の資料が入手できなければ、手を出にくいのも事実である。

遺伝子標識としての機能を活用すると、親子判定や繁殖成功度の推定などが可能になる。上高地の梓川には在来イワナと外来のカワマスが共存している。近年は、イワナの割合が減少しカワマスの割合が増加している。両者は交雑し、適度の低い雑種個体を残すことが知られている。こうしたハイブリッドの遺伝子解析から、イワナ減少のメカニズムが説明された。RAPD 分析は、外観からハイブリッドと認識される個体が、遺伝的にも F₁ であることを明らかにした。SSOP-PCR 分析は、ハイブリッドの母親がイワナであることを突き止めた。すなわち、イワナが一方的に卵を提供する役を担うため、残される子の数が減り、個体数減少の憂き目を見たのである。

* 独立行政法人 水産総合研究センター中央水産研究所 井口恵一朗

第3節 個体群の推定*

標識再捕による個体数推定法 その1 ピーターセン法

原理が簡単で使いやすいピーターセン法を紹介する。この方法は標識が一種類ですむため、ヒレ切り等の簡便な標識法が利用できる。

まず調査区間から魚を捕獲し、それらに標識して放流する。その後、同じ区間で再度捕獲を行い、総捕獲個体数とその中の標識尾数から、調査区間内における標識魚の割合を推定する。最初に M 尾に標識して放流し、その結果調査区間における標識魚の割合が p であれば、標識されている個体も含む全体の尾数 N は M/p である。この p を、2 回目の捕獲時の総捕獲尾数 C とその中の標識尾数 R から R/C と推定し、 $N = M/p$ の p に代入すると、 N は、 $\hat{N} = \frac{MC}{R}$ と推定される。これがピーターセン法の原理である。 p は必ずしも R/C とは一致しない。すなわち、 p の推定値は誤差をもち、その結果 N の推定値も誤差を含むことになる。このとき、 N の 95% 信頼範囲の近似式として

$$\frac{MC}{R + 2\sqrt{R(1-R/C)}} < \hat{N} < \frac{MC}{R - 2\sqrt{R(1-R/C)}}$$

などが用いられる。

50 尾を捕獲して標識放流し ($M=50$)、その後 50 尾を捕獲 ($C=50$) したところ、そのなかの 10 尾が標識魚であった ($R=10$) とすると、総尾数の推定値 $\hat{N}$ は 250、その 95% 信頼範囲はおおよそ 160 から 576 尾となる。また、150 尾を捕獲して標識放流した後、150 尾を捕獲、そのうち 90 尾が標識魚であれば、総尾数の推定値 $\hat{N}$ はやはり 250 であるが、その信頼範囲は 221 から 289 尾となる。前者では推定個体数の $1/5$ を、後者では $2/3$ を捕獲しており、信頼範囲の違いは、この捕獲率の差を反映している。ピーターセン法の推定値の精度は、捕獲率だけでなく、推定したい集団の大きさにも影響され、同じ捕獲率ならば、大きな集団ほど精度高く (推定値に対する信頼範囲の幅の比が小さく) 推定できる。このことは、 $M=C=50$ 、 $R=10$ の場合と、 $M=C=500$ 、 $R=100$ の場合を比較すればわかっていただけよう。

単純な原理にもとづくピーターセン法であるが、前提条件がいくつももある。それらは多くの場合、厳密には満たされず、使用や結果の解釈にあたっては注意したい。

上記の手順を考えると、2 回目の捕獲個体中における標識魚の割合 (R/C) が、標識時点での標識魚の割合と同一である必要がある。もちろん、 R/C は偶然の要因によって変動するので、必ずしも p に一致するわけではないが、 p より大きくあるいは小さく

なる傾向があってはならない。

再捕獲時点までの間に、集団中の標識魚の割合が変化しないことがまず必要である。そのためには、以下の条件が満たされる必要がある。

1. 再捕時点まで標識が脱落しないこと、
2. 標識時点と再捕時点の間の死亡率や調査区間からの移出率に標識魚と未標識魚の間で差がないこと、
3. 調査期間中に区間の外から移入や加入がないこと。

さらに、2 回目の捕獲個体のなかでの標識魚の割合が、その時点における集団中の標識魚の割合と異ならないことが必要である。具体的には、以下のような条件が満たされる事が必要である。

4. 標識を見逃すことがない、
5. 標識魚も未標識魚も同様に捕られやすい、
6. 標識魚が未標識魚と完全に混合しているか、あるいは調査区間のどこでも同じ再捕獲努力が加えられるため、標識個体と未標識個体で捕獲率が異ならない。

標識採捕による個体数推定法 その2 シュナーベル法

ピーターセン法では標識放流を一回だけ行うが、何回も捕獲し、そのたびに標識の確認と装着を行う方法もある。そのうち、標識が一種類ですむものも単純な方法が、シュナーベル法である。この方法によると、一回の捕獲率があまり高くなく、ピーターセン法で精度の高い推定値が得られない場合でも、それなりの精度の推定値が得られる可能性がある。そのため、釣りのように捕獲率の低い方法でも用いやすい反面、ピーターセン法の仮定に加えて、調査期間中に死亡や移出が全くないということが必要となる。すなわちピーターセン法の仮定 2 は、「2' 調査期間中に死亡や移出がおこらない」と変更される。だから、複数回の捕獲は短期間に行う必要がある。

シュナーベル法による個体数の推定値は、

$$\hat{N} = \frac{\sum_{i=1}^I C_i M_i}{\sum_{i=1}^I R_i} \quad (1)$$

と表される。ここで、 C_i は、 i 回目の捕獲数、 M_i は i 回目以前に ($i-1$ 回目までに) 標識して再放流された総個体数、 R_i は i 回目に捕獲された標識個体数である。 i 回目の捕獲における標識個体の数をもとにピーターセンの公式を当てはめて N を推定すると、 $\frac{C_i M_i}{R_i}$ となる。(1) 式の意味はこのことを考えれば理解できよう。具体的な数値例を次のページの表に示す。

* 三重大学生物資源学部 原田泰志

捕獲時点 (t)	標識魚の捕獲数 (R _t)	未標識魚の捕獲数 (新規標識放流水数)	総捕獲数 (C _t)	標識放流水数 (M _t)	C _t M _t
1回目	0	30	30	0	0
2回目	4	40	44	30	1320
3回目	5	16	21	74	1554
4回目	10	30	40	95	3800
5回目	7	16	23	135	3105
6回目	5	10	15	158	2370
7回目	17	30	47	173	8131
合計	48				20280

このとき、推定個体数は 20280/48=約 423 となる (近似的 95%信頼範囲 (Van Den Avyle and Hayward 1999) は 329 から 590 尾である)。

Van Den Avyle, M. J. and R. S. Hayward. 1999. Dynamics of exploited fish populations., pp. 127-166 in Inland fisheries management in North America. Second edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

第4節 フッキングモーターリリリース試験*

フッキングモーターリリリース試験とは、釣獲を行った場合の魚の死亡する割合をパーセンテージとして数値化したものである。

近年では、欧米などで行われている魚を元の場所へ返す “Catch and Release” による手法が、一般的に拡がっている。

アメリカやカナダでは、早くから “Catch and Release” の意識が芽生え始めたが、“Catch and Release” された魚が、その後どの程度死亡するかについては、特に知られていなかった。その後 1960 年代後半には、フッキングモーターリリリース試験に関する報告が数多く出され始めている。最も早い時期に出されたものとしては、Klein, W. D. (1965) がニジマスを対象に 1 本と 3 本フックによるリリース後の死亡について報告している。

昔の日本では、釣上げた魚を食料として持ち帰るケースが多かったことから、特にこのような発想は生まれて来なかった。しかし現在は、“Catch and Release” が一般的な手法として様々な魚種において実施されている。

この実験の目的としては、“Catch and Release” を実施した場合の死亡率を調べることで、釣獲方法、釣鉤の種類、魚の種類とサイズ、魚の掛かった部位、魚の釣られる以前の状況、対象とする魚の習性や生態、餌による嗜好性の違いなどにより、その死亡状況に違いが見られるものなのかどうかを検証するために行われている。

我が国では、このような実験は、ほとんど見られずに経験的な処理を行ってきたにすぎないが、これまでにニジマスやティラピアで 2・3 の報告がなされた。

現段階では、実験的環境下によるデータ収集を行っているが、終局は、野生魚(放流魚も含む)の釣獲後の死亡率などを調べる必要がある。

また、当実験などを通して、今後は、死亡魚の見極めと “Catch and Release” 設定区間 (限られた漁場区間において) の実効性について十分な検証が行われる必要性があるものと考えられる。

* 栃木県水産試験場 土居隆秀

第5節 堰堤落下試験*

堰堤落下試験とは、実在する堰堤などから魚が落下した場合の死亡率を調べる試験である。この結果により、天然河川内の死亡を抑えることを目的に当該試験を実施した。

堰堤には、大きく分けて一級河川の本流を中心とした国土交通省管轄の砂防堰堤と林野庁が管轄している山間部の支流などに多く認められる治山ダムがある。山間部にある治山ダムは、傾斜の急な沢の一部に位置しているため、そのほとんどは5m以上の落差のある堰堤が多く認められる。中には10m以上の堰堤もぞらに存在し、一度落下した魚は二度と生まれ故郷には戻れない。

これまでの増殖事業は、放流に頼ってきたところが大きく、山林の維持や管理の為に整備された林道を利用して、かなり山奥の支流へも成されてきたのが現状である。魚を放流するに当たっては、昔は集中放流を行っていたようだが、今では堰堤が増えると共に細かく分けた分散放流が主体に行われるようになったことは事実である。当然、堰堤上流に放された魚は、自分の意志あるいは増水時に否応なしに下流へ降下するケースが想定され、その時に、堰堤から落下した魚は一体どうなるのだろうかという単純な発想から、当該試験を実施することにした。

実験は、堰堤の高さを落下距離として、また淵の有無を水槽内の水深に当て実施した。但し、実在する堰堤で試験を実施したところ、魚が回収されずに不明になる個体が多かったことから、訓練等などの施設を利用した形で、データを収集した。以下に、実施方法について記載する。

実施方法 落下させる高さを決める。

落下部に大型水槽を設置し、淵の深さに合わせた水深を取る。

落下地点まで水と一緒に魚を持ち上げる。

小分けのパケツに15L程度の水と必要数の魚を入れる。

水と一緒にパケツをひっくり返す。

水槽内に魚が落ちるよう落下地点を慎重に決める。

風が強いと落下中に流されるため、的を狙うのが難しくなる。

落下後、試験区ごとに酸素詰めのビニール袋へ収容する。

試験終了後、管理する水槽へ収容し、一定期間観察を行う。

以上が実際に実施した方法となるが、実際の堰堤を利用しては決して行わないこと。堰堤に高さがある場合は、大変危険を伴う為、命綱などの準備が必要である。

* 栃木県水産試験場 土居隆秀

第6節 漁獲量調査*

漁獲量を正確に見積もることは水産資源や漁場の適正管理には不可欠の要件である。しかし、渓流魚を対象とする漁獲量調査は労力に見合った成果は期待できないので、特設釣り場のような特殊な条件を備えた水域を除けば、実施された例はほとんどない。

現在も専業や副業の川魚漁の残る水域に関しては、漁業者や漁業組合の協力を得て単位漁獲努力あたりの漁獲量（CPUE）などの資料を入手することは不可能ではない。また、地域によっては現在も漁獲物の一部が漁業組合を通じて流通されているので、組合の帳簿を調べるだけでも一応の成果を得ることができよう。

しかし、イワナやヤマメ（アマゴ）などの渓流魚のみが生息する本格的な渓流域に関しては、このような簡便な調査法はまず存在しない。かつては釣りを主体とする渓流魚の職漁の伝統が各地に存在したが、現在では安価な養殖魚の流通や渓流漁資源の枯渇によってほぼ完全に消滅してしまったからである。以上のように、職漁の消滅によって渓流魚の漁獲量調査は著しく困難になったために、1980年代以降は標識再捕などの方法によって生息個体数そのものを正確に推定する方法が資源量推定の主流になりつつある。

しかし、最近とはやや異なった視点から遊漁者の漁獲量調査が再び脚光を浴びはじめており、それに見合った新しい手法も編み出されている。例えば、本事業において長野県は、天竜川水系に新たに設置された特設釣り場を対象として、遊漁者団体の構成員に記録用紙を配布し、各出漁日ごとの努力時間や釣果などの詳しい情報を入手することに成功している。この方法は現地調査の時間を要しないので、労力的にも費用的にも極めて有利な調査方法と考えられる。しかし、遊漁者団体の協力が得られなければ実施できないし、また当該団体の構成員の多くが高い問題意識をもっていなければ絵に描いた餅に終わりがかねない。記録用紙の回収率が極端に低くなったり、回収された記録の自身に信頼が置けないといった問題が生じかねないのである。これらの問題を回避するためには、調査担当者が日常的に釣り団体やその構成員と触れあうなどして、信頼関係を確立しておくことが不可欠である。そのための努力量を考えれば、決して楽な方法とは言えないことを認識しておくべきであろう。

一方、山梨県は本事業において多摩川水系に新たに設置された特設釣り場を対象に、釣り人に対する聞き取り調査を実施している。このような体面調査による漁獲量調査は一般に膨大な時間を要するが、特設釣り場の場合には渓流魚の生息密度が高いために単位流程当たりの遊漁者の密度も高く、一般の釣り場に比べれば効率よく調査することが可能である。また、体面調査の場合には数多くの調査項目について正確な回答が期待できるので、漁獲量以外の情報も入手できるという特徴がある。

ただし、以上の2例はいずれも特設釣り場を対象に行われたものであることに注意が必要である。特設釣り場と一般の釣り場では渓流魚の生息密度が大きく異なるので、特設釣り場での調査結果を一般の釣り場に当てはめることはまず不可能である。また、特設釣り場と一般の釣り場では訪れる遊漁者の客層も異なるので、漁獲量以外の調査結果の評価についても細心の注意が必要になる。つまり、特設釣り場は一般の釣り場よりも訪れる遊漁

* 東京水産大学海洋環境学科 丸山 隆

者の密度が高いので漁獲量調査の効率は高いのだが、その結果を一般の釣り場に当てはめることはできないという致命的な欠陥を背負っているのである。

したがって、一般の釣り場については別途に漁獲調査を行うことが不可欠なのだが、その実施には数多くの困難が伴う。まず、遊漁者の密度が低く、しかもその移動速度が大きいために、対面調査で一人の担当者が一日で扱える遊漁者の数が著しく限られる。その欠点を補うためには、多数の担当者を多くの水域に配置するか、あるいは少数の担当者が多くの日数にわたって調査を繰り返すことが必要になる。また、単位労働時間当たりの漁獲数は、溪流魚の生息密度だけでなく当日の天候や水況、遊漁者の熟練度、先行者の有無、先行者の熟練度など様々な要因によっても変化する。そのことを考慮すれば、かなり多くの遊漁者に対して対面調査を実施しなければ資料の信頼性を高めることはできないことになり、そのための労力たるや大変なものになる。

それを補う方法の一つは、長野県の事例にみられるように遊漁者団体の協力を得ることである。しかし、一般の釣り場を訪れる遊漁者は特定の団体に属さないことが多く、また問題意識の高さという点でもばらつきが大きくなるので、特設釣り場に比べれば成果が上がりにくいことは確かである。このように一般漁場の漁獲量調査には困難がともなうが、問題意識の高い遊漁者も一定の割合で混じっていることは確かなので、対面調査を繰り返しながら協力者を探し、時間をかけて協力関係を築きあげていくことが必要であろう。

引用文献

- 加藤憲二 2001 「よみがえれふるさとの川と魚たち」：221pp. リベルタ出版 東京
村井 宏・山谷孝一・片岡寛純・由井正敏（編） 1991 「ブナ林の自然環境と保全」：399pp. ソフトサイエンス社 東京
若林 輝・中村智幸・久保田仁志・丸山 隆 2002. 中禅寺湖流入河川におけるサケ科魚類 3 種の産卵生態 魚類学雑誌 49 (2):133-141

第7節 食性

胃内容物 一般的には採集した個体を 10%ホルマリンで固定しておき、胃を切り出して内容物を調べる。しかし、イワナ等では、希少な個体群を調査対象とすることがあり、供試魚を殺せないことがある。このような場合、全長 15cm 程度であれば、胃内容物を吐かせてサンプルを得ることができる。

それより小型の個体では胃を摘出して調べざるを得ない。また、10cm 未満の稚魚では胃内容物の観察に实体顕微鏡が必須なので、そのような調査が必要な場合は都道府県の水産試験場などの研究機関に相談されたい。

手順

1. 供試魚を麻酔する。麻酔薬は水産用医薬品として市販されている（田辺製薬 FAI100 など）。
2. 白いバットのの上に魚体をおく。
3. 大きなバットを用いて口から胃内に水を入れながら、内容物をバットに吐き出させる。
4. 処理後の供試魚は水を入れたバケツ等に入れておき、麻酔から覚めたことを確認してから河川に戻す。
5. バットにたまった胃内容物をサンプルビンに集め、固定して持ち帰り調べる。簡易な底性調査であれば、釣具店で市販されているストマックポンプを利用してもよいが、その場合でも麻酔は用いたほうがよい。

餌料生物 イワナ等の主要な餌料生物は、水生・陸生の無脊椎動物であり、底生動物、落下動物、流下動物に区分して調査する。

1. 底生動物 市販のサーバーネットを用いて川底の動物を砂礫ごと採集し、サンプルビンに移して固定して持ち帰る。現存量は採集した川底の面積を記録しておき、重量/面積で表す。調査水域に生息する底生動物の種類数を把握したければ、採集面積 0.5m² 以上にするとうい。

2. 流下動物 流れの中に流下ネットを設置して単位時間に流下する動物の種類・量を調べる。ネットは市販されていないので自作する。網目 0.5mm 以上、間口 50cm 程度のネットが使いやすい。ネットの枠は塩ビ管・ソケットなどを使って組み立てられる構造にすると、携帯運搬が容易である。現存量は、開口部の流速、間口の断面積、採集時間からネットでろ過した水量を計算し、重量/ろ過水量で表す。

3. 落下動物 調査したい地点に、コンテナなどに水を張った水盤を置いて、単位時間内に落下してくる動物を採集する。落下した動物が脱出できないように、

少量の界面活性剤を入れておく。流れの上に設置する場合は増水時に流されないように設置方法を工夫する。陸上に置く場合は、水盤を上げて動物が侵入するので、コンテナを2重にするなどの対策をとる。通常は数日間設置しないと分析できるだけのサンプルが得られない。現存量は重量／(面積・時間)で表す。

第8節 産卵調査*

産卵調査は一般に、親魚の上流や支流への移動、産卵行動の観察、産卵床の分布等を調べることににより行われる。溪流域に生息するイワナ、ヤマメ(アマゴ)等のサケ科魚類の産卵期は緯度や標高によって若干異なるが、ヤマメがやや早く9月下旬～11月上旬、イワナが10月中旬～11月中旬にかけてである。目安としては、ヤマメは川岸のブナやミズナラの紅葉の初期から盛期、イワナは紅葉の盛期から終期に産卵すると考えてよい(木村, 1972; 丸山, 1981)。また、イワナの産卵には水温がかなり強く影響しており、一般に日中の水温が10℃を下回る頃に始まり、5～6℃を下回る頃に終わるといふ(丸山, 1990)。

サケ科魚類のほとんどは、雌が川底を掘って作ったくぼみの中に雌雄が放卵・放精し、その後雌が埋め戻すという産卵行動を示す。作られたばかりの産卵床には、糞類の付着してないきれいな砂礫が盛り上がっており、周囲の様子とは異なっていることから、経験を積みれば比較的容易に産卵床を確認することが可能である。しかし、その後藻類や落ち葉が産卵床表面を覆ってしまふと識別が困難になるため、少なくとも週に1～2回程度の頻度で巡回観察することが必要である。また、ヤマメやイワナなど複数の種が生息し、それらの産卵期が重なるような水域では、産卵床の形状や形成された場所により、どの種のものかを判別することがある程度は可能であるが、正確を期すには産卵行動中の親魚を観察しておく必要がある。また、雌が川底を掘っても、産卵には至らずに放棄したいわゆる偽産卵床も存在するため、場合によっては掘り起こして産出卵を確認する必要がある。

産卵床の観察に際しては、位置の記録を正確にするため、あらかじめ河川の測量を行い、流程10～20m毎にその位置を記入した目印を川岸の木の枝などにつけるとよい。産卵床の大きさや水深、水温、流速、流向、河床勾配等を測定し、必要があれば埋没卵の有無や位置・水深などを確認し、卵や砂礫の一部を標本として採集する。また、産卵床の周囲に大きな石や倒木等のカバーがあるかどうか、河床の起伏、川岸との位置関係等も記録しておく。

このような調査で産卵床に関する定量的なデータを蓄積することにより、他の水域との比較やどのような環境条件が溪流魚の自然繁殖に適しているのかを客観的に示すことが可能になる。

詳しくは、「いつでも魚の釣れる川をめざして」～内水面漁場周年利用推進調査報告書～(全国内水面漁業協同組合連合会編)第6章第2節(2)ア、産卵期(丸山 隆著)を参照されたい。

* 独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所日光支所 北村 章二

第9 節 環境調査の項目**

第1 章第2 節にあるように、従来の水産学では溪流環境の要素のうち、特に地形などの物理的な面に対する認識が不十分であった。本篇では、特に従来の水産学であまり取りあげられてこなかった分野を中心に焦点をあて、簡単に解説する。

1. 溪流地形

溪流地形を正しく把握するためには詳細な測量を行なうことが不可欠である。Aa 型、Aa-Bb 移行型などの河川形態系分類（可児, 1944; 水野・御勢, 1993）は簡便で概略的に環境を把握することができ、たいへん実用的で広く用いられている。しかし、より踏み込んだ環境把握をするにはこの手法は粗すぎる。地形要素を的確に評価し表現するためには現地測量を行なう以外にない。コンパスやレベル（水準器）、セオドライトなどを用いた測量を行なうためには、測量学の基礎知識の習得と実技の訓練を必要とする。おそらくわが国の水産学や生態学ではこの方面のトレーニングが行なわれているとは思われず、水産側の研究者や技術者にこの調査を期待することはむしろ難しい。しかし、数十時間のトレーニングを行うことで最低限必要な調査を行なえるレベルには達することができると考えられる。今後、地形面を含めた環境評価が重要性を増してくるならば、水産側もこの調査を身につける必要がある。

ここまで精密ではなくても簡単な地形計測—たとえば特定の区間の瀬と淵の水表面積や水面幅など—を大まかに計測する程度のことは、巻き尺、ポール、ピンポール、スタッフ（標尺）などの安価で簡単な計測器のみを用いて行なうことは十分可能である。

勾配は溪流環境を大きく規定する地形要素である。特定の区間の勾配を詳細に調べるには現地測量が必要になるが、ある程度大まかにこれを把握するには地形図があれば十分に可能である。最も一般的に入手できるのは国土地理院発行の縮尺 1:25000 の地形図である。より詳細な地形図は、対象とする溪流を管轄している部署（都道府県の砂防や治山担当の事務所、国土交通省の砂防工事事務所、林野庁の森林管理署治山課など）が 1:5000 程度の縮尺の地形図を持っていることがあるので、それを入力するものとする。これらの地形図上で該当する溪流の線をキルビメータでなぞり、水平距離を測る、同時に地形図上の等高線を読み、各地点の標高を得る。これにより縦断勾配図や平均勾配などを求めることができる。

上で流路幅をあげたが、これは場所によって、また流量によって異なるのは当

* 富山県立大学短期大学部農業技術学科 高橋剛一郎

然である。地形学や土砂水理学では、土砂が運ばれて溪流の形が変わるような状態のとき、すなわち洪水時の流れの状態が問題としてとりあげられることが多い。大規模な洪水の後にはその洪水の痕跡が調査される。また、毎年 1 回程度は確実な規模の洪水もその溪流の基本的な水理量を洗わず指標として注目される。一般に、このような学術分野や砂防などで河幅というと、このような洪水時の平均的な流路幅を指している。

一方、魚の調査などは通常洪水時は行われず、平水時や濁水時に行なわれることがほとんどである。したがって、河幅や水路幅といえは平水時のそれしかイメージしないことがしばしばであろう。しかし、ほかの分野との接触においては上述のことを認識しておくことが意思の疎通をスムーズに行いやすくなくと考えられる。また、洪水時における魚の避難や行動を考える際にも、洪水時にどこまで流が拡大するか、どのような流速の水域がどこに形成されるかなどをイメージすることが、魚にとつての生息環境の特性を考える上でも重要であり、有意義である。

洪水痕跡としては、河道横断面の形状と植生が主要な指標となる。流水に洗われるところでは植生の生育は困難であり、したがって頻繁に流水がつくところは無裸地、あるいはせいぜいで一年生草本が侵入する程度である。多年生草本や木本が生育するところは、流水にさらされる頻度が低いと判断できる。このようなことと微地形の変化を総合的に合わせることで、毎年流水に洗われる範囲や、数年に一度程度洪水にさらされる範囲の推定を行なうことができる。このような範囲の推定と、河道の幅や平水時の流路の位置（とりわけ洪水時にどの程度まで水位が上昇するか（したか））の推定と平水時水位との位置関係）などを総合的にみることで、河床が安定しているか、あるいは上昇／下降傾向にあるのかという推定を行なうことができる。

2 底質・粒径

底質は底生生物の生息条件を左右する。また、イワナなどの産卵床としてどの程度の大きさの礫が選ばれるのかということは、増殖面から大きな関心のある問題である。

対象区間全体がどの程度の大きさの土砂礫で構成されているかという情報は、おもに土砂水理学や工学部門で研究されてきた。その区間全体の中で、区間を代表する地点を選び土砂礫を無作為抽出して分析する手法が一般的である。どの地点がその区間を代表すると判定するか、これが問題であるが、技術指針や専門書ではこの点を明確に記述したものは見当たらない。通常は砂礫で構成された州で、

流路に隣接する部分で計測することが多いようである。無作為抽出にはいくつかの手法があるが、礫径が大きい溪流において最も簡便な手法を、清水（1982）の報告を参考に手順を簡単にまとめると以下のようである。

州の表面に一定間隔の格子枠を当てはめ、その交点にあたる石礫を選ぶ方法や、州の上に直線を設定し、その線上で一定間隔に相当する部分の石礫を抽出する方法などがある。ここで一定間隔とは、最低でもその場に存在する最大礫の長軸より長くなければならない。小砂利程度の礫しか存在しないところでは、10cm 間隔で隙を格子状に張った枠を当てることによって簡単に無作為抽出ができるが、大礫から構成されている溪流では線を当てはめる手法が一般的となる。抽出する個数は最低 50 個、通常は 100 個としている。抽出した礫の三軸径（長軸とこれに直交する軸で最も短い軸、そしてこれらに直交する軸）を計測し、これから粒径加積曲線を描いたり平均粒径 d_{50} や中央粒径 d_{50} といった代表粒径を求めるものである。

特定の地点における礫の特性を調べるには、その部分の礫をまとめて採取する必要がある。これを持ち帰り、JIS A1203（土の粒度試験）か同 A1102（骨材のふるい分け試験）に準じて分析することが一般性を持つ分析手法である。

3 流速・流量

流速の正確な計測は流速計を用いる。プロベラ式流速計が一般的である。レーザ一放を用いる流速計は流れから離れたところでも流速を計測できるので、洪水の計測などで有利であるが、高価なこともあって一般的ではない。洪水時の流速は、流量の情報が得られるところでは洪水時の流路幅や勾配などの地形情報を合わせて、計算によって代表的な流速を推測することが可能である。あくまでも代価なので、洪水時の流れのさまざまな様相を伝えるものではない。

流量は溪流の基本的な環境要素の一つである。人が立ち込んでいける程度の流れでは、流速計を用いた計測で確度の高い値が得られる。溪流の規模が大きい、あるいは洪水など人が入ることができないところでは、流量観測地点の情報を利用したり計算で推測するなどの方法が用いられる。

流量の計測では、 Q （流量） $=A$ （水の流れている部分の断面積） $\times V$ （その部分全体の平均流速）という関係で流量を計算するのが基本である。平瀬のように、比較的整然とした流れの断面を選び、流れをいくつかに分割する（図 3-1 参照）。分割された断面は台形に近似されるが、各台形の平均流速を流速計を用いて計測し、これと台形の断面積との積でその部分の流量を求める。これを分割したすべての台形について行ない、その合計が全体の流量となる。各台形における平均流

速は、台形の中央部の軸に沿って 1 ～ 数点で流速を測り、これから求める。人が入れる程度の深さでは 1 点か 2 点で計測する程度で十分である。1 点の場合は、水面から 60% の深さの地点の流速が、2 点の場合は 20% と 80% の地点の流速の平均が平均流速となる（図中の・点の部分）。

溪流の中に継続的に流量を観測している施設（取水堰、量水堰）などがあり、この観測値を利用できると、洪水時などの流量も知ることができる。観測所から離れた地点の流量は、同地点における集水面積の違いを案分することにより推測できる。

砂防ダムや治山ダムが入っている小さい溪流で流量観測施設のないところでは、合理式と呼ばれる簡単な式で、ダム設計に関わる流量を計算している； $Q = 0.2778 f r A$ 。ここで r は雨量強度

（mm/hr）、 A は流域面積（ km^2 ）、 f

は流出係数（山地河川では概ね 0.75 ～ 0.85）である（高瀬, 1978）。大まかな算定ではあるが、流量観測を行

っていない小溪流での洪水流量の見積りでは参考になる。

4 カバー

カバーは魚の生息にとつてかなり重要な意味を持つ環境要素である。にもかかわらず、これに関する調査や評価はわが国ではほとんどされてこなかった。また、古くからこれに注目していた北米においても、統一的な基準などは定まっていないうである。したがって、カバーの量や質を評価するための統一的な基準や手法は存在しない。

カバーの量を測るには、例えば第 2 章第 2 節（2）であげたようなカバーの定義を明確にし、測量によって水表面積とカバーの面積を計測することが必要になる。しかし、この手法には測量の技術と手間が必要とされ、これを勧めることは現実的ではない。まずはカバーの量を見た目で三段階から五段階程度に分類する目安を作り、これに従って評価するという程度の手法を考えるのが適当ではないかと考える。

カバーの質はさらに複雑な面があると考えられる。いま、カバーとして機能する物体があるとして、これによってもたらされる機能は大型の魚と小型の魚によって異なっていることが予想される。したがって、この物体のカバーとしての優



図 3.1 流量測定手法。図上の●点の位置の流速を計測し、これよりそれぞれの区分断面における平均流速を求める。これとそれぞれの区域の面積を乗じて流量を計算する。

劣や機能は一意に決めることは困難で、いろいろな条件や対象魚によって異なってくるとしなければならぬ。カバールの定義が完全ではなく、量的な評価手法もほとんど存在していない状態では、とても質の面まで踏み込んだ評価はできない。まずは、カバールとは何か、その量的な評価はどうであるかといった部分から地道な試みをしていく過程で、質にまで踏み込んだ議論をできるようになると考える。

5 水温

水温は魚に限らず生物の生理や行動に深く関わっている。基本的な環境要素として調査の項目とされてきた。したがって、この点については特にふれる必要はないと思われる。しかし、近年の水温計が小型化しさらにデータロガーの機能をあわせ持つものが出てきたことから、この特性をいかした水温による環境評価に新たな可能性が出てきた。

第2章第2節(2)で河床間隙水が渓流内の水温に影響を与えることを示唆した。小型水温計を渓流内の各地点に設置して連続的に水温を観測することにより、渓流内の水温変動の分布を細かく把握することができるようになる。これをもとに、ハイボレイックゾーンの存在やその影響を明らかにする手がかりとなる。河川環境を語るうえでハイボレイックゾーンの意義や機能の重要性が認識されつつあり、渓流魚の生息環境を多面的に、あるいは深く理解する上で、この種の調査が今後新たな展開を広げる可能性は大きいと考える。

引用文献

- 可見 藤吉 (1944) 渓流棲昆虫の生態, 研究社, (1944) 270p. (1970 年復刻 「可見 藤吉全集」 pp. 3-91, 思索社)
- 水野 信彦・御勢 久右衛門: 河川の生態学 (増補版) (1993) 築地書館, p.247
- 清水 宏 (1982) 線格子法による河床礫の分布特性の解析 新砂防 122:27-35
- 高瀬 信忠 (1978) 河川水文学, 森北出版, p.328

資料 2. 参考文献など

(1) マニュアル、パンフレット

溪流魚の人工産卵河川のつくり方（パンフレット）. 平成 19 年 7 月, 高原川漁業協同組合・国土交通省神通川水系砂防事務所.

溪流魚の人工産卵河川のつくり方（マニュアル）. 平成 19 年 7 月, 高原川漁業協同組合・国土交通省神通川水系砂防事務所.

溪流魚の放流マニュアル. 平成 20 年 3 月, 水産庁（栽培養殖課）・全国内水面魚業協同組合連合会.

溪流魚場のゾーニング管理マニュアル. 平成 20 年 3 月, 水産庁（栽培養殖課）・全国内水面魚業協同組合連合会.

溪流魚の放流マニュアル・溪流魚場のゾーニング管理マニュアル資料編, 平成 20 年 3 月, 水産庁（栽培養殖課）・全国内水面魚業協同組合連合会.

溪流魚の人工産卵場のつくり方. 平成 20 年 3 月, 水産庁（沿岸沖合課）・独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所.

溪流魚の人工産卵場のつくり方〈付録〉溪流魚の発眼卵放流の方法. 平成 20 年 3 月, 水産庁（沿岸沖合課）・独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所.

溪流魚、アユ、コイ・フナ、ウグイ、オイカワの人工産卵床の増殖指針. 平成 21 年 3 月, 水産庁（沿岸沖合課）・独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所.

カジカの人工産卵床のつくり方. 平成 21 年 3 月, 水産庁（沿岸沖合課）・独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所.

サクラマスのももり方・ふやし方ー川でできることー. 平成 22 年 3 月, 独立行政法人水産総合研究センター.

溪流魚の天然魚を守ろう. 平成 25 年 3 月, 水産庁（栽培養殖課）.

溪流魚の増やし方 ～放流と自然繁殖を上手に使いこなす～. 平成 25 年 3 月, 水産庁（漁業調整課）.

カジカの天然魚の守り方・増やし方. 平成 25 年 3 月, 水産庁（漁業調整課）.

(2) 映像ソフト（DVD）

溪流魚の自然産卵を助ける～人工産卵場造成の意義と方法～. 平成 16 年 3 月, 全国内水面漁業協同組合連合会.

溪流魚の人工産卵場の効果的な造成方法〈付録〉発眼卵の放流方法. 平成 20 年 3 月, 水産庁沿岸沖合課・独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所.

(3) 報告書

内水面適性放流検討委託事業報告書－生物多様性に配慮した放流事業のあり方－.

平成 10 年 3 月, 水産庁 (栽培養殖課)・全国内水面漁業協同組合連合会.

有用資源生態系管理手法開発事業報告書－イワナ、ヤマメ、アマゴの増殖と管理－.

平成 15 年 3 月, 水産庁 (栽培養殖課).

渓流域管理体制構築事業報告書－遺伝的多様性を保全しつつ、釣り人に喜ばれ、
漁協の経営が安定する渓流漁場の管理の仕方－. 平成 20 年 3 月, 水産庁 (栽培養殖課), 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所.

生態系に配慮した増殖指針作成事業報告書－産卵床造成による資源増殖をめざして－. 水産庁 (沿岸沖合課), 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所.

渓流資源増大技術開発事業研究報告書. 平成 25 年 3 月, 水産庁 (栽培養殖課).

地域の状況を踏まえた効果的な増殖手法開発事業研究報告書. 平成 25 年 3 月, 水産庁 (漁業調整課).

(4) 書籍

加藤憲司. 1990. ヤマメ・アマゴその生態と釣り. つり人社.

山本 聡. 1991. イワナその生態と釣り. つり人社.

中村智幸. 2007. イワナをもっと増やしたい! フライの雑誌社.

中村智幸・飯田 遙. 2009. 守る・増やす渓流魚. 農山漁村文化協会 (農文協).



執筆 大熊一正、中村智幸、鈴木俊哉（独立行政法人水産総合研究センター）
編集 全国内水面漁業協同組合連合会
監修 丸山 隆（元東京海洋大学）、桐生 透（元山梨県水産技術センター）
小堀彰彦（全国養鱒振興協会）、佐藤成史（フィッシングジャーナリスト）
徳田幸憲（高原川漁業協同組合）
発行 水産庁

平成 25 年 3 月