

標識法によるコイ稚魚育成池の総尾数の推定について

安部直哉・石崎博美

飼育魚の信頼性のある数量をつかむことは養魚事業において重要なことのひとつである。淡水養殖魚の産卵数の推定方法はニジマスについては吉原¹⁾が、コイについては稲葉・野村²⁾が報告している。能勢³⁾は書切除標識により養鰻池のウナギの総尾数の推定において、標識の誤認率を用いて、推定値とその信頼区間を補正する式をみちびいている。

コイ稚魚の育成において、採卵した卵を1000㎡以上の比較的大型の育成池に収容し、そのままふ化育成を行い、夏期稚魚を適時必要量取揚げながら秋冬期まで育成する場合も多い。このような飼育方法での池のコイ稚魚の総尾数を標識法により推定した結果を報告する。

調 査 方 法

調査池

当場のコイ稚魚育成池2面(F-2, F-3号池)で行った。面積はF-2号池が1062㎡, F-3号池は1239㎡, 水深0.5~0.7m, 形は不整四方形である。

稚魚の標識, 放流, 再捕の方法

調査魚の採捕はすべて長さ3.5m, 幅0.8m, 一辺の目長0.3cmのクレモナ縦網製の小型掬網で行った。

左右腹鰭の一方を基部から切除して標識とし、最初に標識と放流を行い、その後再捕調査のみ行い、全調査魚を池に返した。

標識づけ, 再捕魚の調査はMS-222の1/5000~1/10000液を用いて魚をいためぬように扱い、最初の標識魚は放流前24時間以上予備飼育し正常な魚のみ放流した。各回の再捕魚は調査後正常であることを認めて、池の南北岸の中央2地点に約1/2ずつを再放流した。

採捕は通常の主な給餌場である各池の東岸に適当量のねり餌を給餌し5~10分後に岸から前記の掬網で1~2回掬い捕り、その全部あるいは、一部を再捕調査の標本とした。

調査ⅡとⅢの最後回の再捕調査標本は通常の給餌場の対岸である西岸で同様に行った。

再捕標本の標識魚の識別は調査Ⅰ, Ⅱの一部をA, B2人で、他はA1人で行い、1人では標本魚1000尾の識別に100分程度を要した。

取揚魚の実数の算出方法

池の魚は秋期に大型引網による採捕後に池干しをして残らず採捕した。各回の取揚魚は所定の選別器により階級1~4に分けた。各階級の魚群の全数の計数, あるいは, 適量を数回抽出して重量-尾数, 容積-尾数関係の平均値とその95%信頼区間を求め, これをもとに全数とその95%信頼区間を算出した。

調 査 経 過 と 結 果

標識法による総尾数の推定

この調査のコイ稚魚育成池は魚の出入のない閉鎖系であるから、標識-再捕法により次の条件がみたされれば、偏りのない推定値が得られる。⁴⁾ 条件は、標識魚と非標識魚はランダムに混ざっていて、自然死亡率, 捕られやすさが同じであり、標識を失わず、再捕標本中の標識魚が完全に発見され識別されること

である。

総尾数の推定は次の式によった。

$$\hat{N} = \frac{t \cdot \sum n}{\sum s} \quad (1)$$

$\hat{N}$: 標識放流初期の総尾数の推定値 t : 標識放流尾数
 n : 再捕標本の尾数 s : 標識魚の再捕尾数

能勢³⁾の誤認率を用いる式は

$$P = \frac{P' - \epsilon_2}{1 - \epsilon_1 - \epsilon_2} \quad (2)$$

$$\text{その分散は } \text{Var.}(\hat{P}) = \frac{(P' - \epsilon_2)(1 - \epsilon_1 - P')}{n(1 - \epsilon_1 - \epsilon_2)} \quad (3)$$

P : 真の標識率
 P' : みかけの標識率
 ϵ_1 : 標識魚を非標識魚と見誤る率
 ϵ_2 : 非標識魚を標識魚と見誤る率

調査 I

この調査を行った F-2 号池は、標識放流を行った 1963 年 10 月 8 日にはトビ、ビリの存在が著しく、前記の採捕方法では池の全魚群をランダムに採捕することは不可能な状態であった。従って、池の総尾数を推定することは出来ないで、この拘網による採捕の対象魚群についての推定と、標識の誤認率を予備調査した。なお、この池の採卵収容は 5 月 14 日である。

表 1 調査 I の再捕調査記録

標本番号	年 月 日	標本魚尾数 (n)	標識魚尾数 (s)	真の標本 標識率 ($P = \frac{s}{n}$)	標本魚 平均体重 (g/尾) ※
1	1963.10.10	1151	31	0.02693	—
2	" 10.12	1128	51	0.04521	4.7
3	" 10.14	1000	40	0.04000	3.6
4	" 10.16	987	34	0.03445	4.5
計		4266	156	0.03657	—

標識魚放流尾数(t) = 1942, 1963 年 10 月 8 日放流, 1 日絶食後の平均体重 = 3.5 (g/尾)

※ 100 g/尾 以上のトビを除いた値

標識法による対象魚群の尾数の推定値

1963年10月8日に標識魚1942尾を放流した。その後の再捕調査は表1に示すとおりである。標識魚と非標識魚の識別は、まず第1度目の識別をし、さらに標識魚とされたものは全個体を、非標識魚とされたものは全個体あるいは100個体以上を抽出し第2度目の識別を行い誤認率を求めた。表1の標識魚尾数(s)は2度の識別の結果であり、従って $P = s/n$ は真の標本標識率である。

表1の数値により計算すると $\hat{N} = 53106$ 、二項分布としてその95%信頼区間を求めると(以下、調査Ⅱ、Ⅲでも同じ)上限値=63767, 下限値=46019 となる(表6)。

誤認率 ϵ_1 , ϵ_2 の値は表2に示す。

取揚魚の総尾数と推定対象魚群尾数

再捕調査後、表3に示すように取揚を行った。第1回の取揚により、標識-再捕法に用いた小型掬網では採捕の対象とならなかった著しく小さい魚が多数存在することがわかったので、第1回目の取揚魚を所定の選別器により、小さい順に1~4の4階級に選別した(表3, 4)。表4に示すように階級1はドリと言われるものであった。

表2 標識魚、非標識魚の誤認率(調査Ⅰ)

標本番号	ϵ_1	ϵ_2
1	$\frac{5}{31} = 0.1613$	$\frac{8}{1120} = 0.0071$
2	$\frac{4}{51} = 0.0784$	$\frac{1}{1077} = 0.0009$
3	$\frac{0}{40} = 0$	$\frac{1}{960} = 0.0010$
4	$\frac{4}{36} = 0.1111$	$\frac{0}{951} = 0$
果 計	$\frac{13}{156} = 0.08333$	$\frac{10}{4108} = 0.00243$

ϵ_1 : 標識魚を非標識魚と見誤る率

ϵ_2 : 非標識魚を標識魚と見誤る率

表3 取揚魚の総尾数と各階級別尾数(調査Ⅰ)

魚体階級 取揚年月日	1	2	3	4	計	下 限	上 限
1. 1963.10.18	34001	25884	3948	138	63971	56376	72783
2. 10.25	5222	3939	523	57	9741	9065	10935
3. 11. 7	4049	3055	319	19	7442	6533	8532
4. 11.12	24394	18403	2025	313	45135	39230	48394
計	67666	51281	6815	527	126289	111204	140644

表4 第1回取揚魚の階級1と2の割合(調査Ⅰ)

階級	重量(Kg)	%	尾 数	%	平均体重(g/尾)
1	3.94	35.3	34001	56.8	1.2
2	72.1	64.7	25884	43.2	2.8
計	111.5	100.0	59885	100.0	1.9

表5 取揚各回の階級別尾数割合(%)

階級 取揚回	1+2	3	4
1	93.6	6.2	0.2
2	95.0	5.4	0.6
3	95.4	4.3	0.3
4	94.8	4.5	0.7

第2, 3, 4回目の取揚魚は階級1と2を区別せず一つの階級として, 第1回目と同じ選別器により階級1+2, 3, 4の3階級に分けた。取揚第1~4回のこの3階級の尾数の割合は表5に示すように同じとみなせるから, 表4に示した第1回取揚の階級1と2の実測値の尾数, 重量割合を用いて, 第2, 3, 4回取揚の階級1と2の合併群を比例配分した値を表3には示してある。階級4は100g/尾以上のトビ群である。

4回の再捕調査のうち第2, 3, 4回のトビ以外の標本魚の平均体重はそれぞれ, 4.7, 3.6, 4.5 g/尾であり, 標識放流魚とこれら全体では4.0 g/尾であった。一方, 表3に示す取揚1~4回の階級2と3をあわせたものの平均体重はそれぞれ, 3.3, 7.8, 9.6, 3.3 g/尾, 全体では4.0 g/尾となる。再捕調査時から取揚終了まで約1ヶ月間の給餌量からみて大きな成長はしないと考えられるので, 以上の平均体重からみて, 全取揚魚のうちトビ群である階級1以外の魚群はほぼ標識法による尾数推定の対象魚群とみなすと, その尾数は表6の下段となる。

表6 調査対象魚群の推定値とその95%信頼区間(調査I)

標識法と取揚実数	推定値	下限	上限
標識法による推定値※	53106	46019	63767
調査対象群の実数の推定値 ※※	58623	—	—

※ 二項分布として

※※ 表4の階級2, 3, 4群の合計

調査II

前年の調査Iにより岸から扱う採捕能力の限られた漁具で池に生息する全魚群を対象とする推定を行うには, トビ, ビリの存在しない早い時期に標識放流と再捕を行えば, よい推定が可能ではないかと考え, 調査IIはF-2号池で, 調査IIIはF-3号池で, 6, 7月に標識放流と再捕を行った。

表7 調査IIの再捕調査記録

標本番号	年月日	標本魚尾数 (n)	標識魚尾数 (s)	みかけの 標本標識率 ($P' = \frac{s}{n}$)	標本魚 平均体重 (g/尾)
1	1964. 7. 2	1172	69	0.05887	1.0
2	7. 4	719	45	0.06259	1.0
3	7. 6	592	41	0.06926	1.2
4	7. 7	786	59	0.07506	1.3
5※	7. 7	822	47	0.05718	1.0
計		4091	261	0.06380	—

標識魚放流尾数(t) = 2640, 1964年6月30日放流, 1日絶食後の平均体重 = 0.8 (g/尾)

※ 第5回目の再捕は1~4回目の対岸で行った。

なお、両池とも1964年5月8～10日に採卵収容したものである。

1964年6月30日に標識魚2640尾を放流した。再捕調査は表7に示す。標識魚の誤認率の査照は行わなかった。表7の値は1度だけの識別結果を示してある。調査Iで予備調査した誤認率の累計値 $\epsilon_1 = 0.083$, $\epsilon_2 = 0.02$ をそのまま用いて式(2), (3)により計算すると放流時初期尾数の推定値は $N = 39088$, その上限値 = 44229, 下限値 = 35018 となる。

取揚の結果は表8に示す。8月8日に4145尾を移入している。鼻上げ日の死亡魚は8月20日に50尾記録されている。

表8 取揚魚の実数の推定値(調査II)

取 揚 年 月 日	推 定 値	下 限	上 限
1964. 7. 8	1650※	—	—
7. 10	11267	10550	11989
8. 17	280※	—	—
8. 28	100※	—	—
10. 8	16851	16563	17061
10. 9	7904	7886	7924
取 揚 合 計	38052	37029	39004
1964. 8. 8 ※※	(-) 4145	—	—
1964. 8. 20 ※※※	(+) 50	—	—
差 引 計	33957	(32934)	(34909)

※ 全数を計数したもの

※※ 尾数の計数方法不明の4145尾を他から移入

※※※ 鼻上げ日の死亡

調査II

調査IIに引き続きF-3号池で行った。1964年7月11日に1313尾を標識放流した。再捕の結果は表9に示す。値は1度だけの識別結果である。調査IIでは識別条件が調査Iと同じとして、 ϵ_1 , ϵ_2 の値は調査Iのものをそのまま用いたが、この調査は調査IIに引き続き行ったことなどから、 ϵ_1 , ϵ_2 はともに小さくなっていると考えられた。1度目の識別による標識魚を再識別したところ、第1回目再捕では36尾中に1尾、第2回目は76尾中に1尾の非標識魚がみつかり、第3, 4回目再捕では0であった。

ϵ_1 の主な原因は鰭の切除のし方が悪く、鰭の一部が残っているものを非標識魚として識別することであるが、これは標識法をよくして防止出来たので $\epsilon_1 = 0$ とした。 ϵ_2 の主な原因はメラニンの沈着の少ない透明な鰭を切除された標識魚として識別することであるが、これは識別時の麻酔方法、注意深さ、

表 9 調査Ⅱの再捕調査記録

標本番号	年 月 日	標本魚尾数 (n)	標識魚尾数 (s)	み かけの 標本標識率 ($P' = \frac{s}{n}$)	標 本 魚 平均体重 (g/尾)
1	1964. 7. 13	1059	36	0.03399	1.0
2	7. 14	1499	76	0.05070	1.0
3	7. 15	638	25	0.03919	1.0
4※	7. 15	394	16	0.04061	1.0
計		3590	153	0.04262	—

標識魚放流尾数(t) = 1313, 1964年7月11日放流, 平均体重 = 1.1 (g/尾)

※ 第4回目の再捕は1~3回の対岸で行った。

慣れ等で ϵ_2 の値は小さくなるであろう。調査Ⅱでは以上のような理由から $\epsilon_1 = 0$, $\epsilon_2 = 0.001$ ※として表9の値を用いて計算した。 $\hat{N} = 32388$, 上限値 = 38812, 下限値 = 27788となる。

取揚の結果は表10に示す。

表 10 取揚魚の実数の推定値 (調査Ⅱ)

年 月 日	推 定 値	下 限	上 限
1964. 7. 27	6178※	—	—
10. 12	17008	15344	19092
10. 13	6206	5912	6532
計	29392	27434	31802

※ 全数計数したもの

考 察

普通の事業で、数1000尾程度以上のコイ稚魚を計数する場合には、その一部を抽出して重量一尾数、容積一尾数関係を求めて、全数を算出している。普通の作業では、この調査で特に行ったよりはるかに荒い計数をしている。

調査Ⅰ, Ⅱ, Ⅲの結果は次の表のとおりであった。

調査Ⅰでは最大魚270g, 最小魚0.5gにわたるトビ, ビリの著しい魚群体であり, しかも階級1のビリが全体の53%を占めていた。標識法の対象魚群の推定値は53000, その95%信頼区間は46000

※ $\epsilon_2 = \frac{1+1+0+0}{1024+1424+613+378} = 0.00058$ から $\epsilon_2 = 0.001$ とした。

表 11 調査Ⅰ, Ⅱ, Ⅲのまとめ

調査 番号	標識放流 年 月 日	取揚終了 年 月 日	期間 日数	標識放 流魚尾 数 (t)	再捕 回数	標本の 大きさ (n)	真の標本 標識率 (P)	尾数の 推定値	推 定 値	下 限	上 限
Ⅰ	1963. 10. 8	1963. 11.12	36	1942	4	4266	0.03657	標識法	53106	46019	63767
								取 揚	58623	—	—
Ⅱ	1964. 6.30	1964. 10. 9	102	2640	5	4091	0.06754	標識法	39088	35018	44229
								取 揚	33957	(32934)	(34909)
Ⅲ	1964. 7.13	1964. 10.13	93	1313	4	3590	0.04054	標識法	32388	27788	38812
								取 揚	29392	27434	31802

～64000であり、一方、取揚実数のうちの対象魚の推定値は59000であった。

調査Ⅱでは、調査Ⅰで調べておいた標識の誤認率 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ の累計値をそのまま用いた。表11に示すように、標識法による初期尾数の推定値は取揚実数の推定値より5000大であり、取揚実数の推定値は標識法による推定値の95%信頼区間にはいなかった。

調査Ⅲでは、取揚実数の推定値は標識法による初期尾数の95%信頼区間にはいったが、調査Ⅱと同じく、初期尾数の推定値は取揚実数の推定値より3000大であった。[※]

初期尾数の推定値と取揚実数の推定値の差の原因として次のことが考えられる。(1) 調査期間の前半は、数日毎に鼻上げをしていたが、鼻上げ日の死亡として記録されたものは8月20日の50尾だけである。10尾/日程度の死亡魚や採集不可能なものは記録されない。(2) カワセミとササゴイによる捕食もある。当場内の池で数羽のササゴイと3羽のカワセミが2日間に平均体重8g/尾のニジマスを39尾捕食した実例から考えると、同じササゴイ、カワセミが常住して餌場としていたことはかなりの被害があったと推察される。

両推定値の差を死亡魚として調査期間の生残率を概算すると、調査Ⅱでは87%、調査Ⅲでは91%となる。この値は、いわゆる秋仔の養成の生残率として、これまでに報告されている値と大きな差はなく、やや高い値である。⁸⁾

二項分布を用いるとき、調査Ⅱ、Ⅲの標本値に近い $N, t, \sum n$ において期待できる N の95%信頼区間^{5) 7)}は、調査Ⅱに対して $N=40000, t=2500, \sum n=4000$ の場合、 $35914 < N < 45135$ 、上下限の差は9200、調査Ⅲに対して $N=30000, t=1300, \sum n=35000$ の場合、 $2564 < N < 36212$ 、差は10600となる。調査Ⅱ、Ⅲの推定値の上下限の差はそれぞれ9200、11000であった。

※ 標識魚の再捕数($\sum n$)が標識放流数(t)にくらべて小さいとき、式(1)による推定値($\hat{N}$)は過大推定になるので、BAILEYの補正式によって調査Ⅱ、Ⅲの推定値とその95%信頼区間を算出すると、調査Ⅱでは $\hat{N}=39000, 34961 \sim 43914$ 、調査Ⅲでは $\hat{N}=32075, 27573 \sim 38647$ となる。式(1)による値との差は1000以下である。

この調査池では東岸で毎日あるいは隔日に一定の時刻に給餌しており、最初の標識用魚の採捕もこの給餌場で行ったので、池中の魚の分布様式、この給餌場に来ない魚、給餌場への集まり方によっては、この給餌場固有の魚群のみを対象とってしまう恐れがあった。⁹⁾ 標識魚の再捕調査は隔日あるいは連日行い、調査後の魚は南北両岸の中央点に $\frac{1}{2}$ ずつ再放流し、調査ⅡⅢの最後の再捕調査は標識魚の混ざり方をみるために通常は全く給餌しない西岸で行った。その再捕結果からみると標識魚はかなりランダムに混ざっていたと考えられる。

調査Ⅱ、Ⅲではこの池として飼育密度は小さいので、調査Ⅰ程度の飼育密度の場合の標識法による尾数の推定を考えてみる。二項分布を用いるとき、^{5) 7)} 母標識率に近似の標本標識率が得られれば、 $N=10^5$, $t=2000$, $\sum n=10^4$ の場合、95%信頼区間は $88000 < N < 115000$, $t=1000$, $\sum n=5000$ の場合、 $79000 < N < 137000$ となる。これらの値は当場の一般事業としては有効であり、前者の場合でも大した作業を必要としない。

なお、この調査Ⅱ、Ⅲを行ったF-2, 3号池の総収容卵数は3010000であり、夏秋期稚魚の取揚魚総数は410000、取揚率は13.6%であった。

要

約

- 1) 採卵した卵をふ化のための池に収容せず、1000 m^2 以上の比較的大型の育成池に収容ふ化させ、稚魚を夏期適時取揚げながら秋期まで育成する場合において、腹鰭切除による標識をし、岸から扱う小型拘網を用いて標識一再捕法による総尾数の推定を行った。
- 2) 池と魚群の性質条件、標識放流と再捕の時期、再捕漁具の能力等を考慮すれば、池中養殖においては、標識一再捕法による推定に必要な条件はかなり満足されるので、育成期間中に特別な事故、病気等による大きな不明量の減耗がなければ、事業に有効な尾数の推定が大した時間労力をしに出来ると考えられた。

文

献

- 1) 吉原友吉(1963): 体長別採卵可能数の推定 水産増殖 11(1) 53-55.
- 2) 稲葉伝三郎・野村稔(1960): コイの産卵数の推定について 水産増殖 8(1) 1-6
- 3) 能勢幸雄(1959): Fin-clipping法による養鰻池ウナギの総尾数の推定について 日水誌 25(4) 275-281
- 4) RICKER, W. E. (1958): Handbook of computations for biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Bd. Canada No. 119 1-300.
- 5) 久保伊津男・吉原友吉(1957): 水産資源学 1-345 共立版
- ※6) BAILEY, N. J. J. (1951): On estimating the size of mobile populations from recapture data. Biometrika 38 293-306
- ※7) SCHAEFER, M. B. (1951): A study of the spawning populations of sockeye salmon in Harrison River system with special reference to the problem of enumeration by means of marked

numbers. Bull. Int. Pac. Salmon. Fish. Comm. No. 4: 1-207.

- 8) 広島県北部淡水魚指導所事業報告 第2, 3号.

愛知県水産試験場業務報告書 昭和36, 37年度.

埼玉県水産試験場業務報告書 13号

- 9) HASLER, A. D. (1958): The return of displaced largemouth bass and green sunfish to a 'Home' area. Ecology 39(2) 288-293

※ 原著を直接参照しなかったもの