徳島水研報第8号
Bull. Tokushima. Pref. Fish. Res. Ins. No. 8 , 31 - 36 (2012)

遊漁者の標本日誌と標識放流調査から推定した友釣りによるアユの釣獲尾数と放流魚の混獲率

湯浅明彦*1，杉本善彦*1，森　啓介*1，上田幸男*2

Estimates of the number of ayu, *Plecoglossus altivelis*, caught by tomozuri angling and ratio of stocked fish in catch based on logbook and mark release surveys

Akihiko YUASA*1, Yoshihiko SUGIMOTO*1, Keisuke MORI *1 and Yukio UETA*2

Number of Ayu, *Plecoglossus altivelis*, caught by tomozuri angling of recreational fisherman and ratio of stocked fish in catch was estimated by logbook and mark release surveys during the period from 2008 to 2010 in the Kaihu River located in the southern part of Tokushima Prefecture. Estimates of the number of catch through the fishing season are 268,000, 377,000, 340,000 from 2008 to 2010 respectively, and coefficients of variation are 32%, 17%, 21% respectively. It was thought that samples of more than 10 are needed to enable a coefficient of variation below 15% and for improving the accuracy the stratification of samples on the basis of the number of fishing days. The 95% confidence limit of ratio of the stocked fish in catch is 25-54% for 2008 and 38-52% for 2009. It seems that the deviation of the distribution of marked ayu makes the estimates excessive.

キーワード：アユ，釣獲尾数，混獲率，推定誤差，海部川，友釣り，遊漁者標本日誌調査，標識放流

アユ*Plecoglossus altivelis* 種苗の河川放流は，漁業権を管理する漁業協同組合がアユ資源の増殖義務の一環として毎年行っている。放流したアユ種苗が何尾回収されたかを把握することが，放流効果の評価の基本である。そのためには遊漁者によるアユの釣獲尾数を推定することが不可欠であり，釣獲魚の中の放流魚の割合（混獲率）を同時に推定する必要がある。

海部川は徳島県南部に位置する流程36.3km，流域面積154.6ｋm^2の2級河川で，その自然景観と清流に育まれたアユは遊漁者に人気が高い。徳島県水産研究所では水産庁の委託事業で，2002～2006年度に海部川のアユ資源を調査した。目視調査とビク調査から遊漁者の釣獲尾数を推定しているが，標本遊漁者の抽出率や推定誤差は不明であった*3。

アユの資源調査は全国湖沼河川養殖研究会アユ増殖研究部会で精力的に行われてきたが，遊漁の実態は栃木県那珂川以外ではほとんど調べられていない*4,5。また，横列鱗数などの計数形質や標識で放流魚を識別して混獲率を推定しているが，推定誤差は示されていない（渡辺ほか2003, 田子2001）。

本研究では2008～2010年度の3年間，海部川のアユの友釣り遊漁者の標本日誌調査と遊漁者数をもとに，月別の釣獲尾数を誤差とともに推定した。また，２００９年と2010年には標識放流調査を実施し，標識魚と放流魚の混獲率を推定した。

材料と方法

釣獲尾数の推定

2008～2010年の3年間，海部川でアユの友釣り遊漁者が記帳した標本日誌から，出漁日数，釣獲尾数，標識魚の尾数（2008および2009年）を集計し，総遊漁者の釣獲尾数を月別に推定した。推定方法は，栃木県那珂川水系のアユの友釣り遊漁者の釣獲率，出漁日数および釣獲尾数を推定する方法に基づいた（北田2001）。友釣り漁期間（6～9月）を通じた釣獲尾数は，北田（2001）が方法２として示した標本遊漁者の総釣獲尾数に基づいて推定した。

標本日誌の記帳者として，地元在住の漁協組合員と地域外の熱心な遊漁者が選出された。一般に遊漁承認証は遊漁券と呼ばれ，漁期間中を通しての許可証である年券と一日だけの日券がある。総遊漁者数は海部川漁業協同組合が発行した遊漁券販売数とし，漁期終了後に集計し

*1　徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所美波庁舎(Fisheries Research Institute Minami Branch, Tokushima Agriculture, Forestry, and Fisheries Technology Support Center, Hiwasaura Minami, Kaifu, Tokushima 779-2304, Japan)
*2　徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所鳴門庁舎(Fisheries Research Institute Naruto Branch, Tokushima Agriculture, Forestry, and Fisheries Technology Support Center, Dounoura, Seto, Naruto, Tokushima 771-0361, Japan)
*3　徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所事業報告書．平成1４～1６年度
*4　全国湖沼河川養殖研究会アユ増殖研究部会，アユ資源研究部会報告書2001
*5　全国湖沼河川養殖研究会アユ増殖研究部会，アユ資源研究部会報告書2004

たものを聞き取った（Table1）。海部川のアユ釣期間は6月1日～10月19日および12月1日～12月31日であるが，友釣りは例年10月上旬で終漁になる。同漁協では，漁法を友釣りだけに制限した流程約4．6kmの専用区間を中流域に設定している*。

釣獲尾数を推定するために，k 月の遊漁者一人一日あたりの平均釣獲尾数である釣獲率（R_k），年券遊漁者の平均出漁日数（M_k）および日券遊漁者を含めた遊漁者の総出漁日数（MT_k）を推定し，不偏分散を求めた。k月の年券遊漁者の推定釣獲尾数（Y_k^s）と日券遊漁者の推定釣獲尾数（Y_k^d）から，k月の総釣獲尾数の推定値（Y_k）と不偏分散は次式で示される。

$$Y_k = Y_k^s + Y_k^d$$

$$V[Y_k] = V[Y_k^s] + V[Y_k^d]$$

Table 1　Annual number of licenses issued for angling in the Kaihu River and sample surveyed.

	2008	2009	2010
No. of season permit holder	515	585	554
No. of day permit holder	391	645	527
Sample no. of recreational fisherman	3	9	5

標識魚の釣獲尾数と混獲率の推定

2008年と2009年に，脂鰭を切除した人工種苗を，海部川本流の友釣り専用区より下流域に放流した（Fig．1）。2009年の標識放流尾数は2008年の約1．6倍であり，放流水域は流程で約6km短い（Table2）。麻酔薬（FA100）を溶解した50L水槽にアユを収容し，１水槽3～4人が眼科用の剪刀で脂鰭を切除した。2008年に数十尾の鰭切除魚を水産研究所に移送後約１月間飼育したが，鰭切除魚が死亡することはなかった。

両年の放流種苗は，同じ創始魚集団から継代した３年目と４年目の稚魚であり，継代飼育年数の短い種苗（以下短期継代魚とする）は，細菌性冷水病（Flavobacterium psychrophilum）に対する耐性が低下していないことが明らかになっている（湯浅ほか2010）。2008年には短期継代

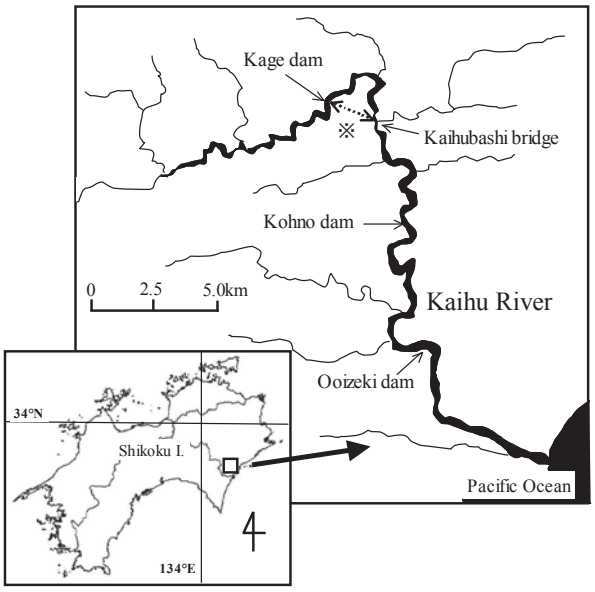

Fig. 1　Map showing the location of the Kaihu River.
※ Area where fishing except tomozuri angling is prohibited

魚の他に19年継代した種苗の2系統を，2009年は短期継代魚のみが放流された。本調査は海部川漁業協同組合と共同で実施した。

i番目の標本遊漁者のk月の釣獲尾数（y_{ik}）を標識魚の釣獲尾数（ym_{ik}）に置き換えて，標識魚の釣獲尾数の推定値と分散を求めた。標識魚の釣獲尾数の推定値（Ym_k）と総釣獲尾数の推定値（Y_k）から，標識魚のk 月の混獲率（Rm_k）を次式で推定した。

$$Rm_k = \frac{Ym_k}{Y_k}$$

標本遊漁者は釣行日を全て記帳しているので，この抽出法は年券遊漁者を抽出単位とするクラスターサンプリングである。したがって，北田が示した２段サンプリングにおける混獲率の分散の推定式は次式で近似できる。

$$V[Rm_k] = Rm_k^2\left(\frac{V[Ym_k]}{Ym_k^2} + \frac{V[Y_k]}{Y_k^2} - \frac{2Cov[Ym_k, Y_k]}{Ym_k Y_k}\right)$$

$$Cov[Ym_k, Y_k] = \frac{L^2(L-l)}{l(L-1)}\sum_{i=1}^{l}(Ym_{ik} - Ym_k)(Y_{ik} - Y_k)$$

Table 2　Release of the marked fish of which the adipose fin was clipped in the Kaihu River.

	2008	2009
Date of release	30 Apr. and 01 May	27 and 28 Apr.
No. of successive generations	3	4
No. of marked fish	56,100	87,100
Mean of BW(g)	5.5	5.8
The water area of release	From Ooizeki dam to upper reaches of kaihubashi bridge	From Kohno dam to upper reaches of kaihubashi bridge

*　海部川漁業協同組合資料

ただし，L は年券の総販売枚数を，l は標本遊漁者数を示す。

友釣り漁期間を通じた標識魚の混獲率(Rm)と本流に放流された短期継代魚に対する標識魚の比率(P)から，釣獲魚中放流魚の比率(Rs)と分散を次式で推定した。

$$Rs = \frac{Rm}{P}$$

$$V\left[Rs\right] = \frac{V\left[Rm\right]}{P^2}$$

上式より，Rm とRsの変動係数は等しい。

現場調査

一般に標本日誌のデータは，記帳者の自己申告に基づくために不正確さを含んでいる。そこで偏りを明らかにする現場調査の必要性が指摘されている。海部川で開催された友釣りによるアユ釣大会のうち2008年に3回と2009年に1回，計量に立ち会い各参加者の釣獲尾数と標識魚の尾数を調べた。参加者に予め配布された囮アユの数を減じて釣獲尾数とした。大会はいずれも午前中に終了した。

結　果

釣獲尾数の推定

各年の総釣獲尾数の推定値は2008年268千尾，2009年377千尾，2010年341千尾であり，その比は1：1.41：1.27であった。各パラメーターの推定値の変動係数(CV)は月間でばらついている(Table 3)。遊漁者一人当たりの平均出漁日数(M)の各月の推定値の変動係数の範囲は2008年から順次0.15～0.62，0.17～0.24，0.17～0.37であり，釣獲率(R)の各月のCVの範囲0.09～0.24，0.06～0.11，0.08～0.18より2倍以上大きい。釣獲率が良好な月の年券遊漁者の平均出漁日数(M)は多い傾向にあるが，2008年6月，2009年8月，2010年7月のM が比較的少ないのは，増水の影響で友釣りができない日があったためである。各月の総出漁日数(MT)の変動係数は，年券遊漁者の平均出漁日数であるM の変動係数とほぼ一致する。その理由は，ほとんどの月で日券遊漁者の釣獲尾数(Y^d)は年券遊漁者の釣獲尾数(Y)の3％以内でしかなく，総釣獲尾数に対する日券遊漁者の寄与率が低いためである。結局平均出漁日数の推定精度が，そのまま総出漁日数に反映している。同様に年券遊漁者の釣獲尾数は総釣獲尾数の推定精度を規定している。

各パラメーターの年度間の変動係数の差は，標本遊漁者数によるものである。標本数が少ないと標本平均値の分布がばらつき，不偏分散値が大きくなる。更に変動係数の分子である不偏分散の平方根は，標本数が少ないほど小さい値に偏るので補正が必要になる（石居1975）。

Table 3 Estimates of the parameters in a month and through fishing season on catch of ayu, *Plecoglossus altivelis*, by tomozuri angling fishery. R, catch rate on season permit holder, M, mean number of fishing days on season permit holder, MT, total number of fishing days on the season permit holder and day permit holder, Y^S, number of catch on the season permit holder, Y^d, number of catch on the day permit holder. Numerals in parentheses indicate the coefficient of variation.

Year	Term of estimation	R	M	MT	Y^s	Y^d
2008	June	19.29	9.33	4,903	92,700	1,858
		(0.19)	(0.34)	(0.34)	(0.52)	(0.21)
	July	14.32	12.67	6,644	93,387	1,731
		(0.09)	(0.39)	(0.39)	(0.49)	(0.12)
	Aug.	13.00	10.00	5,226	66,950	982
		(0.16)	(0.17)	(0.17)	(0.24)	(0.19)
	Sep.	5.64	3.67	1,905	10,643	96
		(0.24)	(0.62)	(0.62)	(0.76)	(0.35)
	June-Sep.	14.36	35.67	18,678	263,680	4,447
		(0.18)	(0.15)	(0.14)	(0.33)	(0.18)
2009	June	17.60	9.56	5,803	98,410	3,741
		(0.07)	(0.18)	(0.17)	(0.16)	(0.08)
	July	16.87	9.56	5,756	94,315	2,805
		(0.06)	(0.22)	(0.22)	(0.21)	(0.07)
	Aug.	19.57	6.00	3,603	68,705	1,811
		(0.11)	(0.28)	(0.27)	(0.28)	(0.12)
	Sep.	20.64	8.67	5,190	104,650	2,477
		(0.06)	(0.21)	(0.21)	(0.20)	(0.07)
	June-Sep.	18.53	33.78	20,351	366,080	10,954
		(0.06)	(0.18)	(0.18)	(0.17)	(0.06)
2010	June	10.93	5.80	3,284	35,124	778
		(0.18)	(0.18)	(0.17)	(0.27)	(0.20)
	July	16.42	6.20	3,510	56,397	1,240
		(0.09)	(0.27)	(0.27)	(0.30)	(0.12)
	Aug.	24.25	10.20	5,812	137,060	3,909
		(0.07)	(0.21)	(0.20)	(0.25)	(0.09)
	Sep.	17.33	10.80	6,147	103,709	2,844
		(0.11)	(0.37)	(0.36)	(0.40)	(0.12)
	June-Sep.	18.18	33.00	18,754	332,289	8,576
		(0.08)	(0.17)	(0.16)	(0.21)	(0.08)

アユ釣期間（6～9月）を通じた年券遊漁者の釣獲尾数の推定値の変動係数は，標本数が少ないと大きくなっている。

月別の総釣獲尾数の多寡は，年により異なる特徴を示した（Fig.2）。2008年は漁期前半（6,7月）が好漁であり，2009年は漁期を通じて安定している。2010年は漁期後半（8，9月）が好漁であった。3年間で最も好漁月であった2010年8月の総釣獲尾数は14万尾，最不漁月の2008年9月は1万尾であった。

標識魚の釣獲尾数と混獲率の推定

2008年は推定誤差が大きく各月の厳密な比較は難しい

が，標識魚の釣獲尾数と混獲率（Rm）の推定値は８月が最も大きい。９ 月の標識魚の釣獲尾数は漁期間内で最少だが，混獲率は比較的高い（Fig.3）。2009年は8，9月に混獲率が高く，標識魚の釣獲尾数は９月が最も多い。両年とも，標識魚の混獲率は漁期後半に高くなる傾向を示した。

漁期間を通した標識魚の混獲率の9５％信頼区間は，2008年が7～15%，2009年が8～11%であり，友釣り専用区と周辺の漁場では釣獲魚の10尾に1尾が標識魚であったと考えられる(Table 4)。また，同水域に放流された短期継代種苗中の標識魚の比率(P)から推定した放流魚の混獲率（Rs）の95％信頼区間は，2008年が25～54％，2009年が38～52%であった。2008年には釣獲魚の少なくとも4尾に1尾が，2009年には3尾に1尾が放流した短期継代魚であったと考えられる。

現場調査の結果

２００８年に海部川で開催された3 回のアユ友釣り大会で，参加者92人の釣獲尾数を調査した(Table 5)。大会は正午までなので，釣獲率(R)は標本日誌から推定した1日あたりの釣獲率より小さい。特に7月下旬から8月下旬まで河川流量が少ない悪条件のために，８月の釣り大会の釣獲率は日誌推定値の2分の1から4分の1であった。6月22日の標識魚の混獲率(Rm)は，同月の日誌推定値の99％信頼区間より大きく，日誌から推定した7 月の混獲率に近い。8月の2回の大会の混獲率は，同月の日誌推定値の99％信頼区間内である。

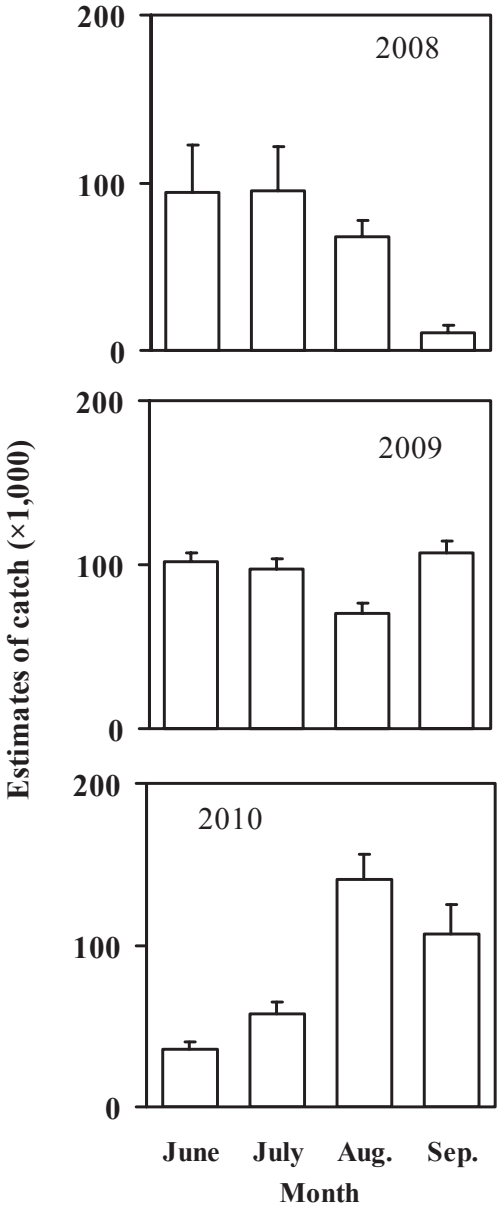

Fig.2　Monthly changes of estimated number of ayu caught by tomozuri angling in the Kaihu River. Vertical bars show the standard error.

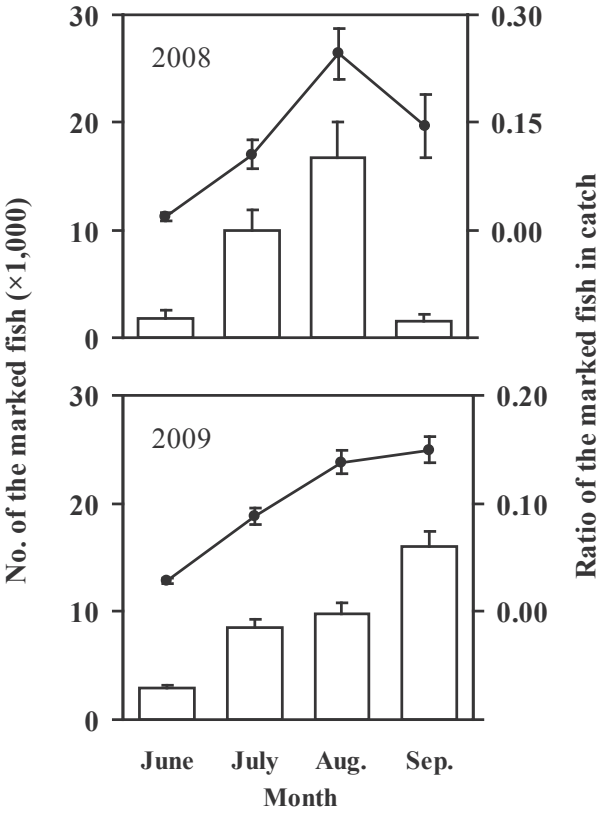

Fig.3　Marked ayu in catch(columns), and ratio of the marked fish in catch (closed circles) by tomozuri angling in the Kaihu River. Vertical bars show the standard error.

Table 4　Ratio (%) of the marked fish and the stocked fish including the marked fish in catch through fishing season, represented Rm and Rs respectively. P is the ratio(%) of the marked fish in the stocked fish. Numerals in parentheses show 95% confidence limits.

Year	Rm	Rs	P
2008	11.2 (7.1, 15.2)	40.0 (25.3, 54.3)	28.0
2009	9.9 (8.4, 11.4)	44.7 (38.2, 51.8)	22.1

Table 5 The results of on-site surveys at tomozuri angling conpetition. R, catch rate of entrant, Rm, ratio of the marked fish in catch.

Year	Date	No. of surveyed entrants	Total number of catched ayu	R	No. of marked ayu	Rm
	22 June	17	213	12.53	17	0.080
2008	17 Aug.	58	192	3.31	60	0.313
	24 Aug.	17	96	5.65	15	0.156
2009	21 June	24	295	12.29	21	0.071

2009年に調査した6月21日の釣獲率は同月の日誌推定値の約7割であった。混獲率は同月の日誌推定値の99％信頼区間より大きく，7月の混獲率に近い。

考　察

海部川の2002～2004年の目視調査による遊漁の釣獲尾数の推定値50～104千尾が（廣澤ほか2005），2008～2010年の今回の推定値268～377千尾より低いことは，アユの資源量の差ではなく目視調査における遊漁者の捕捉率が低いことが原因だと考えられる。栃木県那珂川の2005年の友釣り遊漁者の釣獲尾数の推定値は7,269千尾であり（沢田2005），海部川の2009年の推定値377千尾の約19倍である。一方，遊漁者の出漁日数が約27倍なので海部川の友釣りの釣獲率は那珂川より1.4培大きい。高い釣獲率は海部川の遊漁者当たりのアユ資源量が多いためと考えられるが，標本遊漁者の技量が優れていたことと，標本遊漁者数が少ないことが推定値の偏りを大きくした可能性がある。

釣獲率が2008年を除いて8月以降に高くなっているのは，水温の上昇とともにアユの成長が良くなり縄張りアユが順次漁場に加入したためと考えられる。また，釣獲率の変動係数（CV）が小さいことは友釣り漁法の特徴と考えられる。田子（2001）は富山県庄内川の友釣りの釣獲率は漁期間を通じて低下傾向を示さず，釣獲時間と単位時間当たりの釣獲量には相関関係がなかったとしている。一方，平均出漁日数の変動係数が大きいことは，釣行が容易な地元の標本遊漁者と主に週末に限られる地元外の標本遊漁者の出漁日数の差を反映した結果と考えられる。

栃木県那珂川の友釣り年券遊漁者の漁期中の総釣獲尾数を，106人の標本遊漁者（抽出率0.48％）から推定した場合の変動係数は0.104であった（北田2001）。今回の海部川の調査結果で推定された各年の総釣獲尾数の変動係数は，2008年が0.323（抽出率0.58％），2009年が0.161（抽出率1.54％），2010年が0.208（抽出率0.90％）であった。標本数が減少すると変動係数は急増することから（北田1996），変動係数を0.15以内にする標本遊漁者の数は少なくとも10人以上必要である。更に詳細な調査計画を立てるためには，標本遊漁者数と推定誤差の関係を明らかにする必要がある。

海部川では漁協組合員の友釣りの釣獲尾数を考慮する必要がある。海部川のアユ漁は，竿釣（友釣り，コロガシ釣），網漁（投網，なげ網）および突シャクリ漁で行われる。遊漁者はほとんど竿釣（おもに友釣り）であるが，組合員は効率的な網漁と突シャクリ漁に従事する他，70～100人程度が竿釣りに従事している。標本遊漁者の中に，2008，2010年に各1人，2009年に2人の漁協組合員が含まれていた。彼らは地元に居住していることから遊漁券遊漁者より出漁日数が多い。海士漁業のクロアワビの漁獲量を操業水深で区分して推定することで漁獲量の推定精度が向上したように（Kojima1995），組合員の釣獲尾数を別に推定することが精度を高めるために必要と考えられる。

混獲率は総釣獲尾数に占める標識魚または放流魚の割合である。本研究では標本日誌調査で求めた総釣獲尾数と標識魚尾数の不偏推定値から混獲率を誤差とともに推定した。混獲率の推定では，有標識率と標識魚の漁場分布の偏りを考慮する必要がある。切除後アユの脂鰭は再生しないが，切り損じにより脂鰭単独の有効標識率は96～98％であった（田子2001）。2年間の調査では，標識魚は両年とも海部川本流の友釣り専用区の下流域に放流された。標本遊漁者がおもに利用した友釣り専用区とその下流域の漁場は，放流後の遡上を考慮すると標識魚の分布密度が高かったと考えられる。有効標識率の低下は見かけの混獲率を低めるが，標識魚の分布の偏りにより混獲率は高めに推定されたことが考えられる。標識魚の混獲率（Rm）から求めた本流域に放流した短期継代魚の回収率は，2008年が53.5％，2009年が42.8％であった。DeLury法で推定した千曲川における放流後30～45日後の生残率は37％（95％信頼区間は28～50％）であり（山本ほか2001），冷水病に感染していない人工種苗を放流することで，アユ釣り解禁までの約45日間の生残率は59％に向上した（川之辺ほか2005）。短期継代魚の放流後の生残率が高かったとしても，回収率の推定値は過大であると考えられる。

釣り大会の釣獲率（R）は競技時間の制約があり日誌調

* 海部川漁業協同組合資料

査推定値より低い。特に2008年の8月17日の釣獲率は3.3と低く，河川流量だけでなく資源量も少なかったことが推察される。混獲率（Rm）はいずれの大会でも高いが，2008年8月17日の多くの参加者が友釣り専用区を利用したことは，同水域の標識魚の密度が高いことを示している。釣り大会の釣獲率と標識魚の混獲率は，日誌調査推定値の傾向とほぼ一致している。

放流魚の高い混獲率は，秋の産卵に放流魚が関与する可能性を示唆する。海部川で2003年の海産アユ，人工産放流アユおよび流下仔魚，2004年の遡上アユの遺伝子組成を分析した結果，海産アユと人工産放流アユに明確な遺伝的分化があり，2003年の流下仔魚と2004年の遡上アユは全て海産アユの遺伝子型であることが明らかになった（谷本ほか2004）。海産アユと人工産アユの遺伝的分化は，少ない親魚から採卵した人工産アユの遺伝的多様性が継代とともに低下した結果だと考えられる（池田ほか2005）。瀬戸内海側の兵庫県の河川では人工産放流アユが産卵に関与し，翌春の遡上稚魚の10％が人工産アユの遺伝子型を示した（田畑2005）。海産アユの遡上量が減少し，人工産放流アユの割合が増える場合に海部川で海産アユと人工産アユの交雑が起こる可能性は否定できない。このことは，遺伝的多様性を維持したアユ種苗を放流することで，アユ資源の遺伝的な攪乱を防ぐとともに再生産を増やす可能性を示していると考えられる。

謝　辞

本調査の実施にあたり，全面的にご協力をいただいた海部川漁業協同組合の土居雅明組合長をはじめ理事の皆様に厚くお礼を申し上げる。

引用文献

石居 進.生物統計学入門．初版．培風館，東京1975，44－46pp..

池田　実，高木秀蔵，谷口順彦．マイクロサテライトDNA分析によるアユ継代種苗の遺伝的変異性と継代数の関係．日本水産学会誌2005;71:768－774.

北田修一．栽培漁業と統計モデル分析．初版．共立出版2001，東京，207－231pp..

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1996;12;24－26p..

H. KOJIMA. Evaluation of abalone stock enhancement through the release of hatchery-reared seeds. *Mar. Freshwater Res*1995;46:689－695.

川之辺素一，沢本良宏，山本　聡．千曲川におけるアユの放流効果と冷水病の関係．長野県水産試験場研究報告書2005;7:19－24.

沢田守伸．那珂川のアユ漁獲量について（平成17年度）．全国湖沼河川養殖研究会アユ増殖研究部会2005，93－98.

田子泰彦．神通川において標識放流したアユの再捕結果と海産アユ漁獲量の推定．全国湖沼河川養殖研究会アユ増殖研究部会2001;15:93－98.

田子泰彦．庄川で友釣りとテンカラ網で漁獲されたアユのCPUEと大きさ．水産増殖2001;49:285－292.

谷本　剛，渡辺健一．徳島県における天然アユ集団の遺伝的多様性と放流による影響の解明．健全な内水面生態系復元推進事業報告書2004，45－64.

田畑和男．海産アユ遡上河川における人工産アユの混合率にもとづく再生産の確認．水産育種2005，34，117－122.

廣澤　晃，谷本　剛．健全な内水面生態系復元等推進委託事業環境調和型アユ増殖手法開発事業．徳島県立農林水産総合技術センター水産研究所事業報告書2004，48-51.

山本 聡，松宮義晴．千曲川におけるDeLury法によるアユの資源尾数推定．日本水産学会誌2001;67:30－34.

湯浅明彦，竹内　章．成長の良さに基づいて選抜された世代数が異なるアユ種苗の河川における冷水病耐性の差異．水産技術2009，2，19－24.

渡辺健一，保正竜哉．吉野川における海産アユの資源尾数の推定．水産増殖2003;51:257-262.