

旭川ダム下流域における天然アユの尾数推定に関する研究

竹本浩之・山下泰司*1・岡崎知治*2・杉野博之

Estimation of wild Ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* downstream of the Asahi River dam

Hiroyuki TAKEMOTO, Yasushi YAMASHITA, Tomoharu OKAZAKI and Hiroyuki SUGINO

我が国におけるアユ*Plecoglossus altivelis altivelis*の漁獲量は減少している¹⁾。岡山県でも1998年に202tであった年間漁獲量が2003年以降は11~76tと低迷しており¹⁾、冷水病など疾病によるへい死、カワウやブラックバスなどによる食害、水温の上昇や河床の平坦化といった河川環境の変化が複合的に作用していると考えられている²⁾。内水面漁業協同組合の組合員数が減少していることから、漁獲量の減少も一因として挙げられるものの、長年にわたりアユを採捕してきた組合員からはアユは減少したとの情報が多く得られる。1990年代と比較して資源量は減少したと推察されるが、実態は不明でその把握は本県における長年の課題であった。

本研究では、県中央部を南北に流れる旭川の天然アユに着目し、その数量の把握方法を検討した。旭川には河口から約40kmの中流域に堤高45mの旭川ダムが存在し、魚道などの遡上経路もないため、ダムの下流域が天然アユの生息区域となる。春の遡上から夏までの生残率は比較的安定しているとの知見³⁾から、まずは河口から約11kmに位置する堰で春季の遡上尾数の計数を試みたところ、平水流量時でも越流幅が約30mあり、遡上範囲も広く正確な計数が困難であった。また、河川流量の増減によって堰の越流幅が変化し、同一地点での継続的な観測も難しく、流量増加時には調査員の安全の確保にも問題があった。この他の堰堤においても遡上調査の可能性を検討したものの、アクセスと観測が容易な調査点がなく、この調査法はモニタリングの手法として採用できなかった。

旭川ダムの下流域に漁業権を有する旭川南部漁業協同組合(以下「漁業協同組合」とする)では、毎年、5、6月に管内の広い範囲でアユを放流している。近年は琵琶

湖産の天然アユは放流せず、県内および鳥取県で人工生産された種苗のみを放流しているため、ダムより下流の天然アユは自然環境下で再生産した海産遡上と推定される。天然アユと人工アユを判別するには、判別力が高く、計数方法が簡便で計数誤差が生じにくい背鰭第5条を起点とした側線上方横列鱗数(以下「鱗数」とする)の計数が推奨されている⁴⁾。本研究では、放流アユはすべて人工アユであることを踏まえ、他県での事例⁵⁾も参考に、夏から秋季にかけて採捕したアユを天然または放流アユに判別し、その割合と放流尾数を用いて天然アユの生息尾数を推定する調査を実施した。2019年から'24年の6か年の調査により、天然アユの割合の変化と推定生息尾数の推移を把握するとともに、手法上の留意点に関する知見が得られたので以下に報告する。

材料と方法

調査区域 旭川は、県中部を南北に流れる幹川流路延長142kmの一級河川で、河口から約40kmに旭川ダムを有し、このダムより下流を調査区域とし、さらにその下流には、河口から約24kmの位置に大曾根堰、同約11kmの位置にクラレ堰がある(図1)。なお、大曾根堰には魚道が設置されているものの、アユが遡上するには支障があり、堰下流側に滞留する様子が確認されている(未発表)。

天然および放流アユの特徴の把握 鱗数による判別では事前に天然および放流アユの鱗数を把握する必要があるため⁴⁾、年ごとにその数を確認した。放流前の5月に採捕されたものを天然アユとし、'19年はクラレ堰で定置網により、'20~'24年は大曾根堰の下流側に滞留したアユを投網により採捕した。放流アユは、漁業協同組合

*1 現所属：岡山県環境文化環境管理課

*2 現所属：岡山県農林水産部水産課

の放流時にアユを抜き取りサンプルとした。天然アユのサンプル数は0～29尾/年、放流アユの数は45～114尾/年で(表1)、それぞれ全長、体長、体重を測定した後、背鰭の第5条を起点とした鱗数を計数した。

天然および放流の判別に供したアユ 6～10月に調査区域の複数点で釣り、投網、刺網によりアユを採捕し(以下「判別供試サンプル」とする)、天然および放流アユの割合を把握した。'19年の判別供試サンプルは体重3.1～339.7gのアユ229尾、'20年は体重7.1～117.3gの220尾、'21年は体重3.4～157.1gの142尾、'22年は体重2.8～253.9gの230尾、'23年は体重2.9～258.6gの356尾、'24年は体重2.2～185.1gの205尾を判別に供した(表2)。各サンプルについて、前述したサンプルと同様に、全長、体長、体重ならびに鱗数を確認した。

天然アユの尾数推定 天然および放流アユの割合と放流尾数から以下の式により調査区域における天然アユの尾数を推定した。放流尾数は、漁業協同組合の放流重量(kg)の記録を取得し、放流アユサンプルの平均体重を

用いて尾数を算出した。

$$N = R \times a / b$$

N は天然アユの推定尾数、 R は放流アユの推定尾数、 a は天然アユの割合、 b は放流アユの割合($1-a$)とした。

また、事前に確認した天然および放流アユの鱗数が x 枚で重複した場合、以下の(1)～(6)の式により鱗 x 枚の天然アユの尾数を算出し、加算したものを天然アユの推定尾数とした。

$$(1) R' = R \times c$$

R' は鱗数 x 枚未満の放流尾数、 c は放流アユサンプルにおける鱗数 x 枚未満の尾数の割合

$$(2) R_x = R \times d$$

R_x は鱗数 x 枚の放流尾数、 d は放流アユサンプルにおける鱗数 x 枚の尾数の割合

$$(3) T = R' \times e/f$$

T は鱗数 x 枚の天然および放流アユの推定尾数、 e は判別供試サンプル中の鱗数 x 枚の尾数の割合、 f は判別供試サンプル中の鱗数 x 未満の尾数の割合

$$(4) N_x = T - R_x$$

N_x は鱗数 x 枚の天然アユの推定尾数

$$(5) N' = R' \times g/f$$

$$(6) N = N_x + N'$$

N' は鱗数 x 枚を超えるアユ(天然アユ)の推定尾数、 g は判別供試サンプル中の鱗数 x 枚を超える尾数の割合とし、天然アユの推定尾数(N)を求めた。

結果および考察

天然アユ採捕の課題 放流前の天然アユは、'19年はクラレ堰で定置網により20尾を採捕したものの、体重が

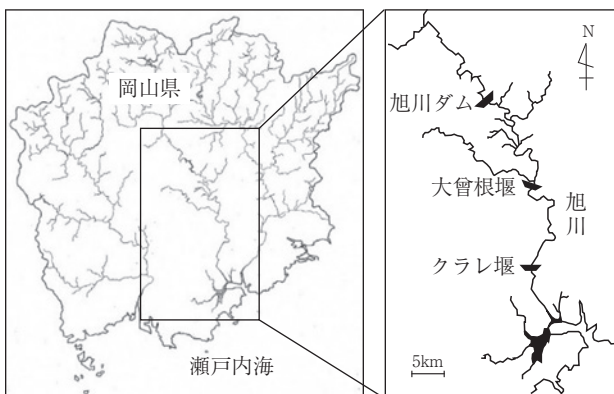


図1 調査区域

表1 判別のため事前に確認した天然アユと放流アユのサンプル

年	天然アユ				放流アユ		
	採捕日	採捕場所 (漁法)	サンプル数 (尾)	体重	採捕場所周辺 の放流日	サンプル数 (尾)	体重
2019	5/5	クラレ堰 (定置網)	20	0.7～3.1	5/8, 6/4	114	4.9～44.6
2020	5/11, 14	大曾根堰 (投網)	20	6.8～28.6	5/19, 26	56	7.8～24.6
2021	5/8, 13	大曾根堰 (投網)	10	6.4～27.7	5/18, 27	95	6.3～35.8
2022	5/6	大曾根堰 (投網)	29	5.4～24.0	5/18, 6/3	78	9.1～50.5
2023	-	-	0	-	5/17, 6/5	83	6.3～29.3
2024	-	-	0	-	5/17, 6/6	45	6.4～35.9

表2 6～10月に採捕された判別供試用のアユのサンプル

年	採捕期間	漁法	サンプル数 (尾)	体重 (g)
2019	6/4～10/8	釣り, 投網, 刺網	229	3.1～339.7
2020	8/8～10/20	釣り, 投網, 刺網	220	7.1～117.3
2021	7/2～10/7	釣り, 投網, 刺網	142	3.4～157.1
2022	7/30～10/20	釣り, 投網, 刺網	230	2.8～253.9
2023	7/17～10/17	釣り, 投網, 刺網	356	2.9～258.6
2024	7/27～10/20	釣り, 投網, 刺網	205	2.2～185.1

0.7～3.1gとサイズが小さく、鱗数を計数できなかった。このため、'20年以降は、大曾根堰の下流側で投網により採捕し、'20年は20尾、'21年は10尾、'22年は29尾の天然アユを確保し、鱗数を計数した。一方、'23年と'24年は、河川流量が多く、投網を実施できなかった。漁業協同組合の情報によると、大曾根堰でアユがみられ始めるのは5月上旬で、この地区での放流は5月中旬以降に行われる。天然アユの採捕可能な期間と条件が限られるため、事前にサンプルを確保できないことは今後もあり得ると考えられた。

天然および放流アユの鱗数の特徴 '20～'22年の5月に採捕した天然アユの鱗数は18～23枚であったのに対し、放流アユは11～18枚と判別可能な違いがみられた(図2)。一方、'22年は天然アユと放流アユとで鱗数18枚が重複した。また、放流前の天然アユを確保できなかった'24年も鱗数18枚の放流アユが45尾中3尾みられた。'20～'22年の天然アユ59尾の鱗数が18枚以上であったことを参考にし、'24年も'22年と同様に鱗数18枚が重複していると仮定した。

年ごとの放流アユの結果に基づき、'19、'20年は鱗数16枚以下、'21、'23年は鱗数17枚以下を放流アユとし、その鱗数より多い場合を天然アユと判別することとした。鱗数18枚が重複した'22年と'24年は、17枚以下を放流アユ、19枚以上を天然アユとし、18枚は放流アユと天然アユが混在するものとした。

放流アユの産地別の比較 放流アユについて、鳥取県産と岡山県産の鱗数を比較すると、鳥取県産は平均13.3～14.1枚で、岡山県産は平均14.2～16.6枚となった(図3、4)。また、鳥取県産の平均鱗数は毎年同程度であったのに対し、岡山県産は'19年の平均14.2枚から'24年の

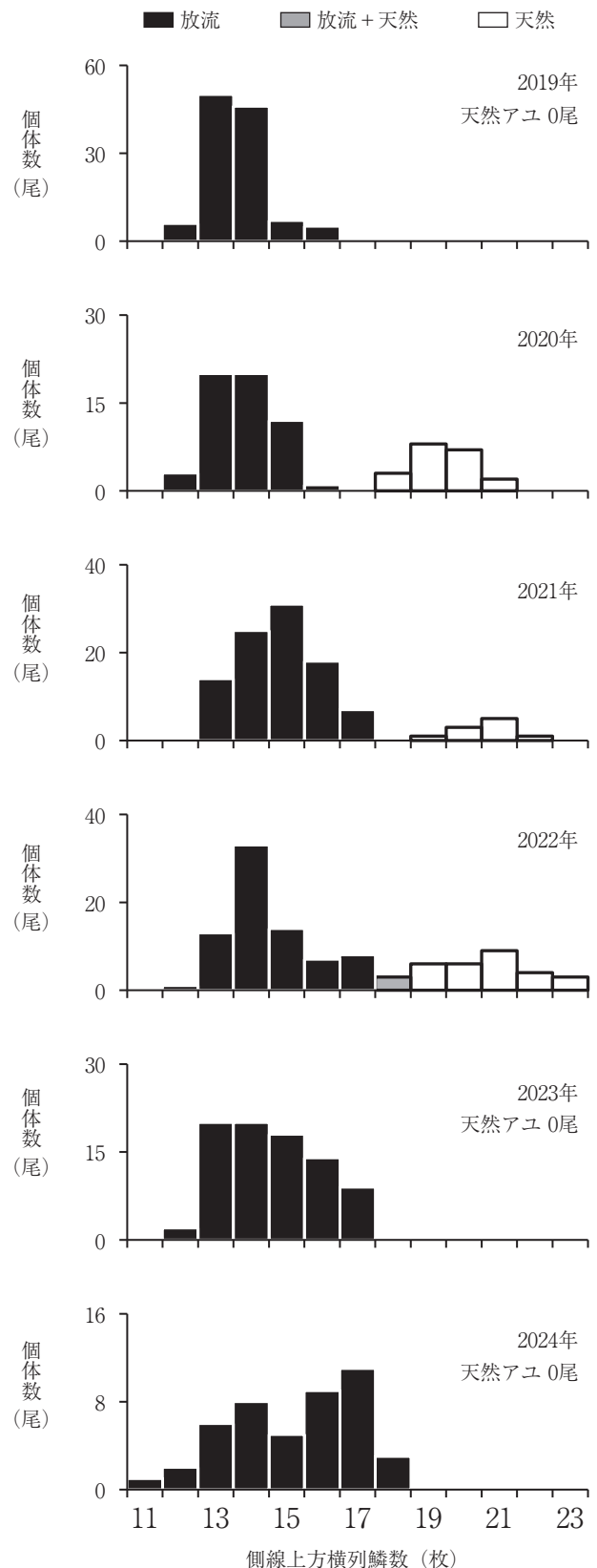


図2 放流前（5月）に採捕された天然アユと放流アユの側線上方横列鱗数の分布

平均16.6枚と増加傾向がみられた。鱗数の違いは発育初期の環境要因に起因すると考えられており、水温、餌料系列、飼育密度など種苗の発育初期の環境の精査が必要

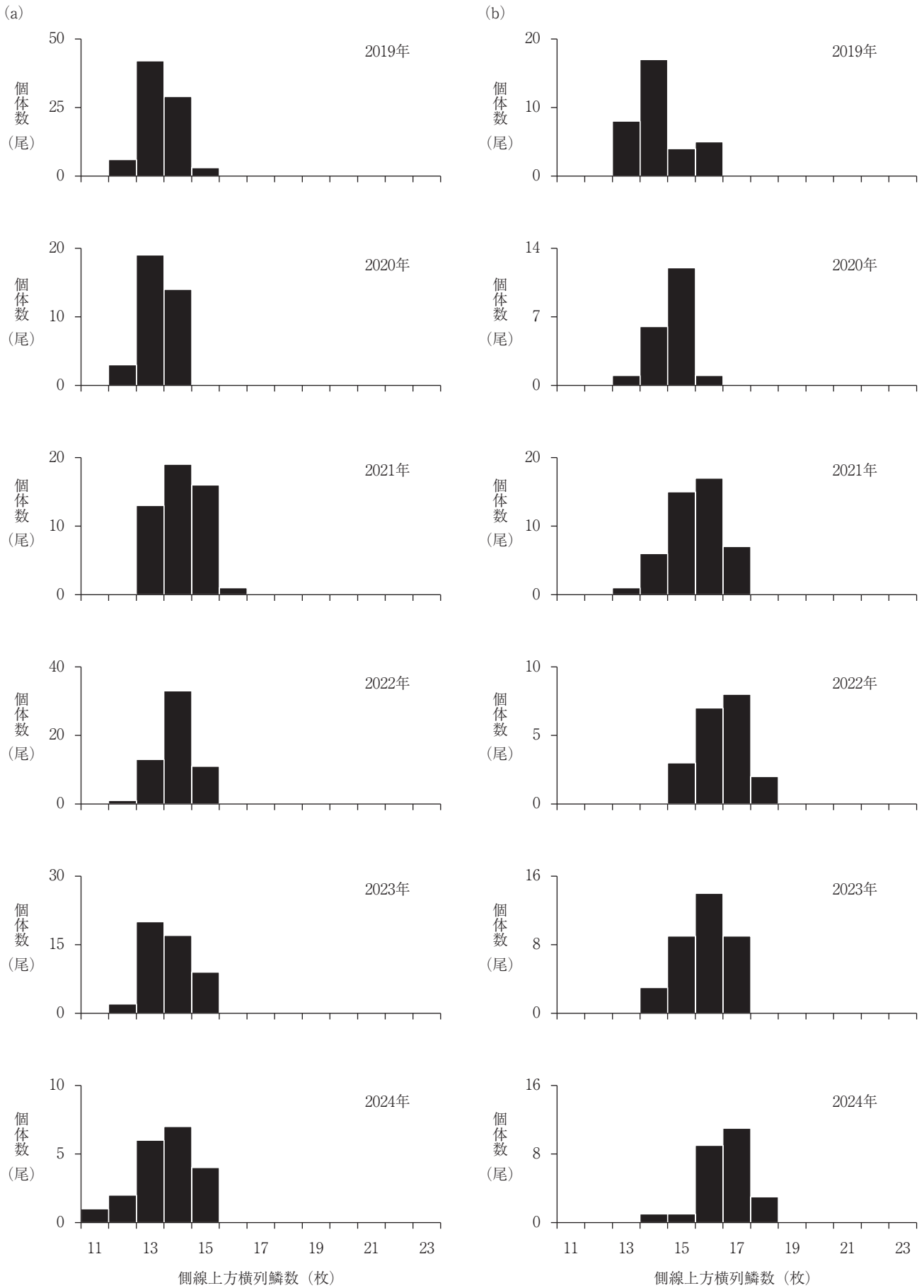


図3 放流アユの側線上方横列鱗数の分布
 (a) 鳥取県産 (b) 岡山県産

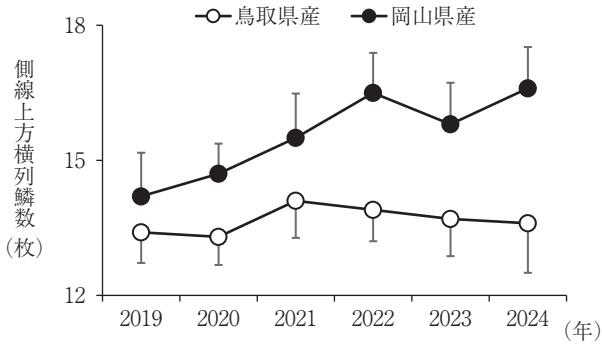


図4 放流アユの側線上方横列鱗数 (平均値) の推移 (図中の範囲は標準偏差を示す)



図5 7~9月に採捕された小型アユの一例

表3 放流アユの最小体重と7~9月に採捕された小型アユのサンプル

年	放流アユ		小型アユ		
	放流日	体重	採捕日	サンプル数 (尾)	体重
2019	5/8	4.9	9/10,17	3	3.1~4.3
2020	4/22	7.8	8/16,17,19,20	6	7.1~7.7
2021	5/18	6.3	8/6,10	7	3.4~5.9
2022	5/10	9.1	7/30,8/31	16	2.8~6.4
2023	5/17	6.3	8/5,11,12	11	2.9~5.7
2024	5/17	6.4	8/24,9/15	19	2.2~6.1

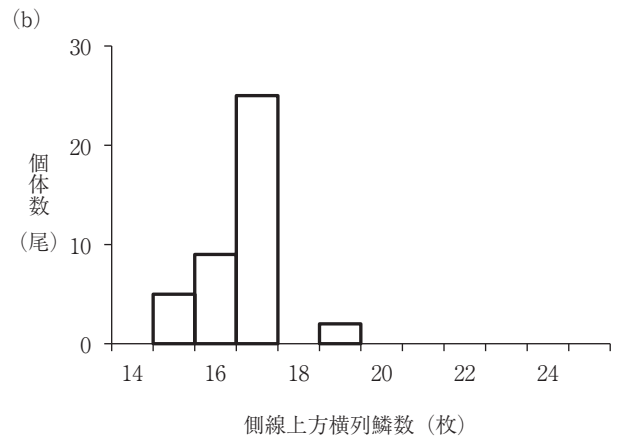
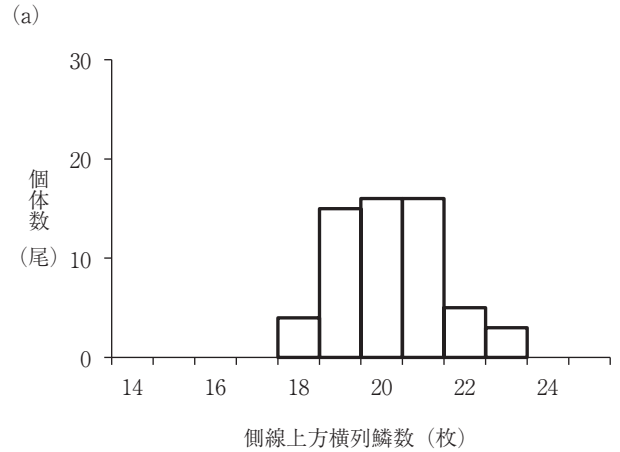


図6 天然アユの側線上方横列鱗数の分布 (a) 放流前の5月に採捕された天然アユ (b) 7~9月に採捕された天然と推定される小型アユ

とされている⁴⁾。本研究においても鳥取県産と岡山県産という人工的に生産されたアユの間に違いがみられたことから、種苗の生産過程が鱗数に影響することを示唆していた。

夏季に採捕された小型アユ 判別供試サンプルには放流アユの最小体重より小さいものがみられた(図5)。¹⁹年は5月に放流したアユの最小体重4.9gよりも小さいアユが9月に3尾、²⁰年は最小体重7.8gよりも小さいアユが8月に6尾、²¹年は最小体重6.3gよりも小さいアユが8月に7尾、²²年は最小体重9.1gよりも小さいアユが7月、8月に16尾、²³年は最小体重6.3gよりも小さいアユが8月に11尾、²⁴年は最小体重6.4gよりも小さいアユが8月、9月に19尾採捕された(表3)。放流アユの中に、より小さい個体が含まれる可能性はあるものの、放流時点より成長することを踏まえると、これらの小型アユは天然アユである可能性が高い。

この天然と推定されたアユと5月に採捕された天然アユの鱗数を比較すると、夏季の天然と推定されたアユは17枚以下のものが中心であったのに対し、5月の天然ア

ユは18枚以上であった(図6)。天然の海産アユの背鰭第5条を起点とした鱗数は15~21枚で17枚以上が多いとされるが⁶⁾、成長の違いが鱗数に影響することを示唆していると思われた。また、このことは判別供試サンプルに小型アユが多く含まれるほど放流アユの割合が高くなることを示しており、一定の基準を設けて小型アユを判別対象から除外する必要があると考えられた。

判別結果と天然アユの尾数推定 判別供試サンプルの判別結果を表4に示した。小型アユは鱗数による判別が困難なため、本研究では便宜的に体重20g以上のアユを判別対象とし、そのサンプル数は、'19年が143尾、'20年が130尾、'21年が113尾、'22年が199尾、'23年が246尾、'24年が155尾となった。

天然アユの割合は、'19~'22年が41~57%であったのに対し、'23年は72%と高く、反対に'24年は27%と低かった(表4)。なお、'22年と'24年の天然アユと放流アユが重複する鱗数18枚の尾数の割合は、それぞれ9%と10%であった。これらの結果を用いて天然アユの尾数を推定すると、'19年が16.8万尾、'20年が19.1万尾、'21年が9.1万尾、'22年が10.1万尾、'23年が29.1万尾、'24年が5.1万尾となり、年によって変動がみられた(表4、図7)。本研究で参考とした徳島県吉野川では1998~2002年の天然の海産アユ資源尾数は394~3,263万尾と推定されており⁵⁾、年代や天然アユの生息範囲が異なるものの、本研究で推定された天然アユ約5~29万尾は吉野川より少ない尾数となった。また、6か年の調査の中で、'23年と'24年は対照的な数値であった。資源量の変動要因については、濁りの長期化⁷⁾や前年10月の降水量の多寡⁸⁾などが挙げられており、旭川でもその要因を解明できれば、資源量の増大に向けた対策の検討に繋がる可能性がある。

大曾根堰の上下流の天然アユの割合 天然アユの割合について、遡上に支障のある大曾根堰を境にして天然アユ推定尾数との関係を見ると、堰下流における天然アユの割合との間には、有意な正の相関(spearmanの順位相

関係数 $r = 0.95$, $p < 0.05$)がみられた(図8)。一方、堰上流ではその関係性がなく、堰の上流と下流とで異なる傾向となった。遡上を阻害するような堰がなく、天然アユのみが生息する北海道朱太川の調査では、アユの定着場所の選択は、個体によってかなり異なり、生息数が多いほど生息範囲が上流側に広がるとされている⁹⁾。旭川では天然アユの推定尾数が少ない年でも、遡上意欲の高い個体が一定数みられ、天然アユの多寡にかかわらず、旭川ダム下流の全域が生息範囲となっている。一方、天然アユの尾数に比例してその割合が高くなるのは大曾根堰より下流で、堰上流ではその傾向がなかったことから、この堰の遡上阻害の影響が大きいと推測された。6か年分の限られたデータであるため、今後もデータを蓄積して傾向の変化を確認する必要がある。

天然アユの尾数推定の留意事項 本研究における旭川ダム下流域における天然アユの尾数推定のフロー図と留意事項を図9に示した。事前に天然および放流アユの鱗数の重複状況など特徴の把握が必要となるが、放流前の天然アユは、大曾根堰での採捕が困難な年があり、その場合は既存のデータを参考にせざるを得なかった。一方、放流アユについては、岡山県産放流アユの鱗数が年々増加傾向にあるため、年ごとに放流アユの鱗数の確認が必須であった。判別供試サンプルについては、小型の天然アユの鱗数が放流アユの鱗数と重複し、天然と放流の判別が困難なため、小型アユを判別対象から除外する必要がある。また、天然アユの尾数推定においては、天然アユと放流アユの鱗数が重複する場合があります、その枚数の天然アユを別途算出した上で全体の尾数を推定した。

本手法は、標識個体の再捕率から個体群数を推定するPetersen法に倣っている。この手法は、①調査期間中に個体群への加入や死亡がないこと、②標識の脱落や標識装着による死亡がないこと、③標識個体と無標識個体はよく混合し、標本は個体群から単純ランダムサンプリングで採捕されることが前提となる¹⁰⁾。②は、放流アユ自

表4 判別供試サンプルの判別結果と天然アユの推定尾数

年	全サンプル数 (尾)	体重 (g)	判別対象サンプル数 (体重20g以上) (尾)	判別結果						推定放流 アユ尾数 (万尾)	推定天然 アユ尾数 (万尾)
				天然		放流		重複(不明)			
				(尾)	(割合)	(尾)	(割合)	(尾)	(割合)		
2019	229	3.1~339.7	143	74	52%	69	48%			15.6	16.8
2020	220	7.1~117.3	130	74	57%	56	43%			14.8	19.1
2021	142	3.4~157.1	113	51	45%	62	55%			11.1	9.1
2022	230	2.8~253.9	199	82	41%	100	50%	17	9%	10.8	10.1
2023	356	2.9~258.6	246	176	72%	70	28%			11.6	29.1
2024	205	2.2~185.1	155	38	27%	101	73%	16	10%	11.8	5.1

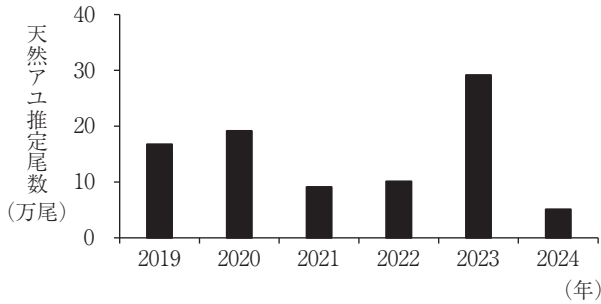


図7 旭川ダム下流域における天然アユ推定尾数の推移

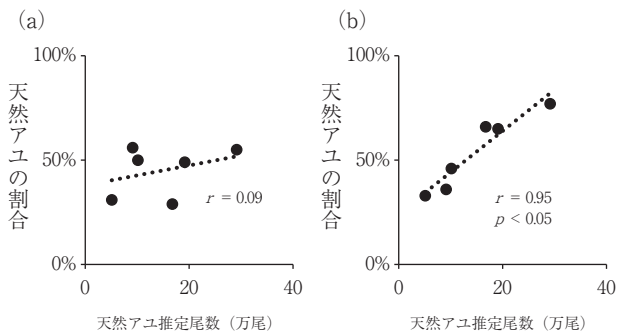


図8 天然アユ推定尾数と天然アユの割合との関係
(a)旭川ダムから大曾根堰 (b)大曾根堰より下流

体の計数形質を用いるため問題はなく、③については1回の採捕サンプル中に天然、放流の両方の結果が得られることが多いため、両者はよく混合していると推定される。ただし、①については、調査期間中に自然減耗があるため、充足していない。また、本研究では天然と放流の判別が困難な小型アユを除外するため、便宜的に体重20g以上という基準を設定したものの、晩夏や秋季になると成長が進み、鱗数の少ない天然アユがサンプル中に含まれる可能性が高くなる。そのような個体を放流アユと判別し、その割合が高くなると、天然アユの推定尾数は過小に算出されて誤差となる。一方、本手法は年ごとに予め天然および放流アユの鱗数の特徴を把握した上で判別に臨むため、判別者の交替により鱗数の絶対値に差異が生じて、判別結果への影響は軽微である。旭川ダム下流域における天然アユの資源量を把握する上で、推定の精度には課題が残るものの、地元漁業協同組合の協力体制も考慮すると現状における最適手法と考えられる。

本研究では、放流アユの鱗数が産地により異なることや小型の天然アユの鱗数が少ない理由、天然アユの推定尾数の変動の要因や大曾根堰の上下流における天然アユの割合についての考察、判別対象から小型アユを除外するために設定した体重20g以上の妥当性など、多くの課題が残った。今後、本手法によるモニタリングを継続す

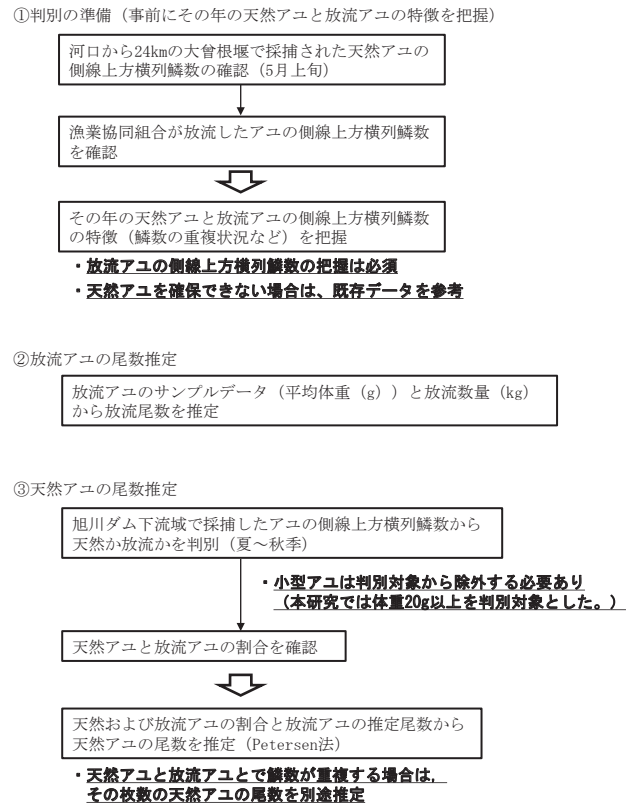


図9 旭川ダム下流域における天然アユの尾数推定のフロー図

の中で、これら課題の解決に取り組む必要がある。

要 約

- 旭川ダム下流域における天然アユの資源量を把握するため、'19年から'24年にかけて、側線上方横列鱗数による天然と放流アユの判別を行い、その割合と放流尾数から天然アユの尾数を推定した。
- 岡山県産放流アユの鱗数が年々増加傾向にあり、天然アユと放流アユの判別を行うには、年ごとに放流アユの鱗数の特徴を把握することが必須であった。
- 夏季に採捕された天然と推定される小型アユは鱗数が少なく、放流アユの鱗数と重複するため、判別供試サンプル中の小型アユは判別対象から除外する必要があった。なお、本研究では便宜的に体重20g以上のアユを判別対象とした。
- 旭川ダム下流域の天然アユは、5.1~29.1万尾と推定され、6か年の調査の中では'23年が多く、'24年が少なかった。
- 天然アユの推定尾数が多いほど、大曾根堰より下流における天然アユの割合が高くなる傾向がみられたが、堰上流ではその傾向がなく、この堰の遡上阻害の影響が大きいと推測された。

謝 辞

本研究を進めるにあたり,アユの採捕および放流アユのサンプル提供に協力いただいた旭川南部漁業協同組合の皆様には厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 農林水産省：内水面漁業生産統計調査，農水省HP. https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/naisui_gyosei/index.html.
- 2) 岡山県農林水産部水産課，2022：岡山県水産振興プラン2022，岡山県HP. https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/510609_3913560_misc.pdf.
- 3) 川那部浩哉，1970：アユの社会構造と生産Ⅱ－15年間の変化をみて－，日本生態学会誌，**20(4)**，144-151.
- 4) 占部敦史・海野徹也，2018：人工および天然アユにおける計数形質の比較，日本水産学会誌，**84(1)**，70-80.
- 5) 渡辺健一・保正竜哉，2003：吉野川における海産アユの資源尾数の推定，水産増殖，**51(3)**，257-262.
- 6) 坪井潤一・高橋勇夫・高木優也，2023：完全攻略！鮎 Fanatic，築地書館，東京，pp.169.
- 7) 高橋勇夫・岸野 底，2017：奈半利川におけるアユの生息数と減耗率の潜水目視法による推定，応用生態工学，**19(2)**，233-243.
- 8) 東 健作，2010：四万十川におけるアユの長期的な漁獲変動と近年の特徴，水産増殖，**58(3)**，401-410.
- 9) 高橋勇夫・間野静雄，2022：遡上行動を阻害する構造物が無い北海道朱太川における天然アユの流程分布，応用生態工学，**25(1)**，1-12.
- 10) 北田修一・関谷幸生・横田賢史，2001：水槽実験による Petersen法の実用性の検討，日本水産学会誌，**67(2)**，203-208.