

秋に沖曳網で採捕された琵琶湖産アユ仔稚魚の体長とふ化日

久米弘人・田口貴史・大山明彦・亀甲武志*¹・田中秀具・孝橋賢一・
松田直往・太田滋規・井出充彦*²・西森克浩*²

Length and hatch date distribution of larval and juvenile ayu *Plecoglossus altivelis altivelis*
captured by a trawl net in autumn in Lake Biwa

Hiroto Kume・Takashi Taguchi・Akihiko Oyama・Takeshi Kikko*¹・Hidetomo Tanaka・Ken-ichi Kohashi
・Nao Matsuda・Shigeki Ota・Atsuhiko Ide*²・Katsuhiko Nishimori*²

キーワード：アユ、沖曳網、体長、耳石、ふ化日

琵琶湖におけるアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* は、近年では12月から、「エリ」と呼ばれる小型定置網によって、その仔稚魚（以下、ヒウオ）が活魚として、養殖用や河川放流用の種苗を生産する養殖業者からの注水量を充足するまで漁獲される。漁期当初であるこの時期において、ヒウオ活魚は需要が大きく、単価も高いことから、その漁獲状況は漁家経営に大きな影響を与える。2016年12月のエリにおける漁獲量は8.4トンであり、近年20トン近くある注水量を満たすことなく、その状況は4月末まで続いた。このようなことは過去に例がなく、2016年は記録的不漁といえる。こうした状況は県内のみならず、全国の琵琶湖産アユを期待する関係者に大きな影響を与えた。

琵琶湖産アユの漁況予測は、1950年代初頭から産卵調査やヒウオ生息状況調査（以下、ヒウオ曳調査）の結果を用いて、春以降の予報が行われた記録がある。¹⁾ また、西森ら²⁾はヒウオ曳調査の採捕尾数と積雪日数から2月から8月の漁況予測を行っている。しかし、12月のエリ漁に関する漁況予測はまだ行われていない。琵琶湖では体長1cm程度のハゼ科魚類の仔魚を漁獲対象とする「ごり沖びき網漁業」が操業されており、漁獲加入前のアユ仔稚魚を採捕できる可能性がある。

そこで本研究では、漁業者が操業に使用する沖曳網、またはこれを参考にした調査用の小型沖曳網により漁獲加入前のアユ仔稚魚の採捕調査を行い、前述のヒウオ曳調査やエリで採捕されるアユ仔稚魚と体長やふ化日を比較し、漁期当初の漁況予測の可能性を検討した。

材料と方法

沖曳網による採捕調査

沖曳網による調査は、2017年から2019年の各11月上旬に、沖曳網漁業を行っている沖島漁業協同組合の漁業者を備船し、野洲市菖蒲地先、大津市真野地先、近江八幡市沖島周辺の3か所で行った（図1）。漁具は、図2のような袋網の目合いが2mmの沖曳網を用い、曳網速度は秒速0.3~0.4mとし、各地点曳網範囲が重ならないように方向を変えて2回曳網した。曳網距離は140~200mで、巻き上げ地点の水深は2.9~8.1mであった（表1）。採捕魚は、船上で在来魚と外来魚を選別し、在来魚については地点ごとに袋に入れて氷冷して持ち帰り、外来魚については全地点分をまとめて袋に入れて持ち帰った。持ち帰り後、ヒウオは耳石解析用に無作為に30~45尾/曳網（満たない場合は全数）取り出し、冷凍した。残りのヒウオおよびその他在来魚は10%ホルマリンで固定したのち、尾数および重量を測定した。外来魚は持ち帰り後冷凍したのち、後日解凍して尾数および重量を測定した。また、2018年については、各操業時に漁獲物が多かったため全漁獲物の重量を測定したのち、3分の1程度の重量を抽出し、その中に含まれる種ごとの尾数および1尾あたりの平均重量から、全漁獲物中における種ごとの尾数および重量を推定した。

小型沖曳網による採捕調査

小型沖曳網による調査は、2017年から2019年の11

*¹ 現所属：近畿大学農学部水産学科

*² 現所属：滋賀県農政水産部水産課

月中旬から12月上旬に図1に示す場所で、当場の調査船「淡海丸」で行った。ヒウオの採捕には、図3に示す袋網の目合いが4mmの調査用小型沖曳網を用い、曳網距離は100m、曳網速度は秒速0.3~0.4mとし、各地点1~3回曳網した。なお、複数回曳網した地点では、曳網範囲が重ならないように方向を変えて行った。採集した魚は、船上で耳石解析用にヒウオを無作為に30~50尾/地点(満たない場合は全数)を抽出し、氷冷または冷凍で持ち帰った。残りのヒウオは、10%ホルマリンで固定し持ち帰り、後日尾数および重量を測定した。

ヒウオ曳による採捕

ヒウオ曳による調査は、2017年から2019年の各年9月下旬から12月中旬にかけて、当場の調査船「琵琶湖丸」で実施した。調査頻度は、新月および満月の前後数日間に1回ずつ、おおむね2週間に1回で各年計6回ずつ実施した。採捕に使用した網は、従来から使用している角型幼生網(口径1×2m、採集部のネット地GG30)を用いて、図1に示す4地点の水深7m層と、4地点のうちの中央2地点の水深15m層のあわせて6層で、船速3.2knotで10分間、約1kmを水平に曳いた。採集したヒウオは1曳網ごとに船上で冷凍し、持ち帰った。後日解凍して無作為に50~60尾/曳網を抽出し、(満たない場合は全数)耳石解析に供した。

エリによる漁獲標本収集

エリによる漁獲標本収集は、図1で示す地点の漁業協同組合に依頼し、2017年から2019年の各年漁期初日(2017年:12月5日、2018年:12月1日、2019年12月2日)に漁獲されたヒウオから無作為に100尾程度を収集し、冷凍した。後日その中から1地点あたり30~50尾を無作為に抽出し、耳石解析に供した。

体長測定および耳石解析

耳石解析に供したヒウオは、解凍後ノギスで標準体長を測定後、実体顕微鏡下で耳石(扁平石)を摘出し、標本用封入剤(マルチマウント480 松浪硝子工業株式会社製)で封入し、耳石標本とした。ふ化日の推定には、Tsukamoto and Kajihara³⁾の方法に従い、耳石核から14μm付近に見える最も明瞭な輪紋をふ化時とみなし、耳石日輪計数システム(ラトックシステムエンジニアリング社製)を用いて、倍率200~500倍で輪紋を

計数し、ふ化日を推定した。

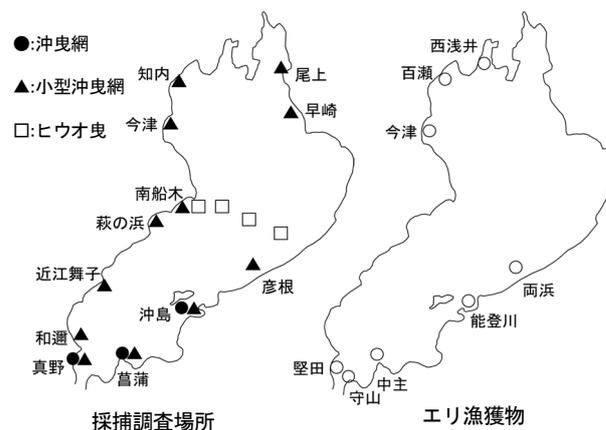


図1 標本採集地点

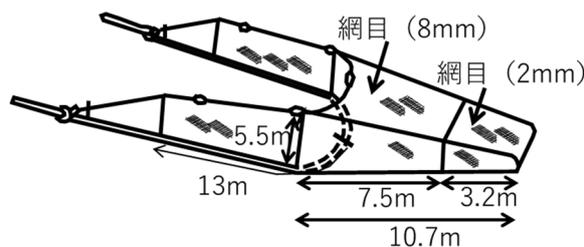


図2 沖曳網漁具

表1 沖曳網採捕地点の水深および曳網距離

地点	2017年		2018年		2019年	
	水深(m)	曳網距離(m)	水深(m)	曳網距離(m)	水深(m)	曳網距離(m)
菖蒲1	4.8	200	3.9	170	2.9	200
菖蒲2	4.8	200	3.9	200	2.9	170
真野1	8.1	200	8.0	200	7.9	140
真野2	8.1	200	8.0	200	8.0	140
沖島1	3.9	200	3.5	200	3.5	200
沖島2	3.9	200	3.5	200	4.6	200

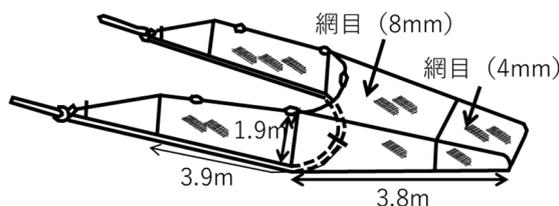


図3 小型沖曳網漁具

結 果

沖曳網によるヒウオ採捕状況

各地点で採捕された魚介類の尾数および重量を表 2 に示す。すべての年および地点でヒウオが採捕された。年別に見た各水域でのヒウオの採捕尾数は、2017 年は 313 尾から 3,640 尾、2018 年は 2,465 尾から 21,410 尾、2019 年は 2 尾から 5,764 尾であり、採捕尾数は年や水域により異なったが、尾数で見るとのべ 9 操業のうち、6 操業でヒウオが最も多かった。一方、重量で見ると、オオクチバスとブルーギルを合わせた外来魚が最も多く漁獲され、2017 年は 22,121.6 g、2018 年は 36,297.1 g、2019 年は 15,297.5 g であった。また、採捕されたヒウオの平均体長は、2017 年には 27.2~32.4 mm、2018 年には 22.9~23.6 mm、2019 年には 25.3~28.3 mm の範囲にあった (表 3)。

小型沖曳網によるヒウオ採捕状況

各地点での水深、曳網回数、ヒウオ採捕尾数および平均体長を表 4 に示す。小型沖曳網によるヒウオの採捕尾数は 2017 年が 4~700 尾、2018 年が 0~569 尾、2019 年が 29~1,530 尾であり、各年とも地点間で採捕尾数は大きく異なった。また、沖曳網で多く採捕された外来魚は、小型沖曳網ではほとんど採捕されず、総採捕尾数および重量は、2017 年が 11 尾で 38.2 g、2018 年が 5 尾で 43.0 g、2019 年が 19 尾で 21.3 g であった。採捕されたヒウオの地点ごとの平均体長は、2017 年が 26.9~33.9 mm、2018 年が 25.1~27.7 mm、2019 年が 24.4~28.7 mm であった。

各漁法で採捕したヒウオの体長組成

各漁法で採捕したヒウオの体長組成を図 4 に示す。ヒウオ曳では、どの年も 9 月下旬から 11 月にかけてのほとんどの調査日で体長 20 mm までのヒウオが多く採捕され、12 月になると採捕尾数は大きく減少した。沖曳網では、2017 年は体長 20~40 mm までのヒウオが多く採捕され、2018 年と 2019 年は体長 20~30 mm のヒウオが多く採捕された。小型沖曳網では、2017 年は体長 25~35 mm までのヒウオが多く採捕され、2018 年と 2019 年は体長 20~30 mm までのヒウオが多く採捕された。また、沖曳網で採捕された体長 20 mm 未満のヒウオは小型沖曳網では採捕されなかった。エリでは、どの年においても体長 30 mm より大きいヒウオが多く

採捕された。

各漁法で採捕したヒウオのふ化日組成

各漁法で採捕されたヒウオのふ化日組成を図 5 に示す。ヒウオ曳採捕魚のふ化日は、他の漁法に比べて最もふ化時期の範囲が広く、2017 年が 9 月 10 日~10 月 30 日、2018 年が 9 月 1 日~11 月 16 日、2019 年が 9 月 8 日~11 月 11 日であった。沖曳網採捕魚のふ化日は、2017 年が 9 月 4 日~10 月 25 日、2018 年が 9 月 4 日~10 月 5 日、2019 年が 9 月 15 日~10 月 27 日であったが、多くは 9 月にふ化したものであった。小型沖曳網採捕魚のふ化日は 2017 年が 9 月 4 日~10 月 15 日、2018 年が 9 月 6 日~10 月 6 日、2019 年が 9 月 14 日~10 月 10 日であり、どの年も 9 月から 10 月上旬にふ化したものが採捕された。エリ漁獲魚のふ化日は、2017 年が 9 月 6 日~10 月 6 日、2018 年が 9 月 2 日~9 月 29 日、2019 年が 9 月 9 日~10 月 3 日であり、多くが 9 月にふ化したものであった。

考 察

秋の沖曳網調査による漁況予測の可能性

2017 年から 2019 年の 11 月上旬に沖曳網で、11 月中旬以降に小型沖曳網でアユ仔稚魚の採捕を試みたところ、アユ仔稚魚を採捕することができた。袋網の目合いが小型沖曳網よりも小さかった沖曳網では、体長 10 mm 台の小型の個体までが採捕されたが、沖曳網と小型沖曳網で採捕したヒウオの大きさは、どちらの網でも体長 20~30 mm の範囲が多く採捕されていた。このことから小型沖曳網を用いて 11 月上旬に調査を行っても、沖曳網と同様のサイズのヒウオを採捕できるものと考えられる。今回、沖曳網 (小型沖曳網含む) で採捕されたヒウオのサイズは、東⁹⁾が発育段階で仕分けした区分の B 期後半から C 期前半にあたる。これらの時期のヒウオは湖内全域に分布したのち、沿岸部の第 2 湖段 (8~14 m) から深所への湖段崖に生活の場を移すと報告されている¹⁰⁾が、今回の調査では、それよりもさらに浅い水域まで分布していることが明らかになった。また、小型沖曳網の調査がすべての年で沖曳網の調査よりも時期が遅いにもかかわらず、体長の範囲が変わらなかったことや採捕されたヒウオのふ化時期が沖曳網よりも後半だったことを考慮すると、小型沖曳網では体長 30 mm を超えるヒウオは、採捕されにく

表2 沖曳網で採捕された地点別の魚介類の尾数および重量

2017年

魚種	菖蒲		真野		沖島		合計	
	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)
ヒウオ	313	77.1	1,447	219.3	3,640	443.8	5,400	740.2
ヨシノボリ類	2,555	125.0	560	24.0	1,840	127.1	4,955	276.1
エビ類	374	10.2	56	1.4	928	26.5	1,358	38.1
ヌマチチブ	62	7.9	20	10.1	602	137.7	684	155.6
スゴモロコ	1,218	554.2	43	33.4			1,261	587.6
ビワヒガイ			1	4.0	9	51.0	10	55.0
ウキゴリ					5	10.9	5	10.9
モツゴ					1	1.6	1	1.6
ウグイ					2	14.5	2	14.5
ツチフキ					2	21.6	2	21.6
オイカワ					2	3.7	2	3.7
ホンモロコ					1	3.6	1	3.6
オオクチバス							588	20,575.2
ブルーギル							587	1,546.4

2018年

魚種	菖蒲		真野		沖島		合計	
	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)
ヒウオ	16,943	653.0	2,465	89.8	21,410	1,038.8	40,818	1,781.7
ヨシノボリ類	3,477	261.2	38	2.0	2,068	463.7	5,583	726.9
エビ類	251	7.6	15	0.9	3,913	199.9	4,178	208.4
ヌマチチブ	1,061	129.4	3	0.2	7,763	2,548.0	8,827	2,677.6
スゴモロコ	493	80.9	3	0.4	2	4.8	498	86.1
ビワヒガイ	12	244.9	12	117.2	15	54.7	39	416.8
ニゴイ	4	224.8	3	547.4			7	772.2
フナ類			4	76.2			4	76.2
カネヒラ			1	7.5			1	7.5
ウグイ					121	883.0	121	883.0
ツチフキ			1	10.7			1	10.7
オイカワ					1	3.5	1	3.5
ホンモロコ					5	35.8	5	35.8
ウキゴリ					5	19.8	5	19.8
ワカサギ					1	7.9	1	7.9
オオクチバス							2,918	29,284.0
ブルーギル							640	7,013.1

2019年

魚種	菖蒲		真野		沖島		合計	
	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)
ヒウオ	697	37.7	2	0.1	5,764	350.8	6,463	388.7
ヨシノボリ類	1,819	58.4			468	21.3	2,287	79.7
エビ類	336	8.2			1,097	49.5	1,433	57.7
ヌマチチブ	19	2.9			155	23.1	174	25.9
スゴモロコ	7	2.4			1	0.3	8	2.7
ビワヒガイ			67	830.9	10	34.6	77	865.5
ニゴイ			4	77.0			4	77.0
フナ類			48	504.7	1	23.2	49	527.9
カネヒラ			7	43.7			7	43.7
オイカワ	1	2.0					1	2.0
ウキゴリ					1	0.1	1	0.1
ハス			3	6.8			3	6.8
オオクチバス							813	13,284.0
ブルーギル							485	2013.5

表3 沖曳網で採捕されたヒウオの体長

	平均±標準偏差 (mm)		
	菖蒲	真野	沖島
2017年	32.4±6.0	29.3±6.4	27.2±5.5
2018年	22.9±3.2	23.6±4.0	23.0±3.2
2019年	26.5±3.0	28.3±0.4	25.3±4.0

表4 小型沖曳網によるヒウオ採捕結果

採捕日	地点	水深 (m)	曳網回数	採捕尾数	平均体長±標準偏差 (mm)
2017/11/28	早崎	9.3	1	237	28.1±2.2
	尾上	5.9	2	4	33.9±6.2
	知内	8.1	1	408	29.2±2.1
	今津	8.5	1	700	29.4±3.2
	萩の浜彦根	6.7	2	27	30.5±3.1
2017/12/4	近江舞子	5.8	2	14	26.9±1.9
	真野	7.7	3	29	30.5±4.1
	菖蒲	6.3	2	53	33.4±3.3
2018/11/15	早崎	2.7	2	498	26.2±1.8
	知内	3.6	2	0	-
	今津	8.5	2	0	-
2018/11/16	南船木	1.2	3	266	25.1±1.5
	和邇	2.7	2	569	26.0±3.2
	菖蒲	2.6	1	49	27.7±4.0
	彦根	1.7	1	252	25.3±2.5
2019/11/21	早崎	3.2	1	29	27.6±1.4
2019/11/22	知内	3	2	251	25.8±2.1
	今津	2.6	1	324	28.1±3.1
	南船木	2.6	1	1530	24.4±2.1
	和邇	2.9	2	25	27.2±2.0
	菖蒲	2.6	1	539	27.7±2.7
	沖島	2.3	1	73	26.8±4.5
	彦根	2.7	2	62	28.7±4.8

いと考えられた。一方、本研究の調査時期より遅い12月以降に実施された同様の調査¹⁰⁾¹¹⁾では、多くの採捕魚の体長が30~40mmであり、本研究で採捕されたヒウオよりも大きかったことから、小型沖曳網で捕獲対象となるヒウオのサイズは調査時期、あるいは水温で変化することが考えられる。アユの種苗生産において飼育初期の適水温は、14~19℃で、12℃以下ではほとんど摂餌しなくなることが知られている。¹²⁾酒井ら⁸⁾、孝橋ら¹¹⁾の報告での調査時期の水深5mの平均水温は、それぞれ12.2℃¹³⁾と8.3℃¹⁴⁾であったことから、採捕魚の体長差は低水温によりヒウオの遊泳力が低下し、体長30mmを超えるヒウオが逃避しにくかったことで生じた可能性がある。本研究でも、採捕魚の体長が大きかった2017年は、水深5mの平均水温が他の2年よ

りも低かった(2017年11月13日:14.9℃¹⁵⁾、2018年11月12日:17.8℃¹⁴⁾、2019年11月11日:17.5℃(2019年は速報資料))。加えて、2017年は調査時期が他の2年より遅かった(11月28日と12月4日)ことから、採捕時の水温はさらに低かったと考えられる。

2017年から2019年の12月上旬にエリで漁獲されたヒウオのふ化日は、9月中にふ化した個体が多く、過去の報告とその傾向は変わらなかった。⁴⁾⁵⁾11月上旬に沖曳網で採捕したヒウオは、12月にエリで漁獲されたものとふ化日組成が類似していたことから、漁獲加入約1か月前の漁獲対象魚に相当すると考えられる。これまでにアユの耳石の日周輪間隔から仔稚魚期の成長を把握する研究が行われており、酒井ら⁹⁾によると、12月のエリ漁獲量が多い年は、9月下旬生まれの成長速度が高く、成長速度の変動が漁獲量に反映されることを示唆しており、久米⁷⁾は、2018年12月のエリで漁獲量が多かった琵琶湖南部(堅田、守山)で漁獲されたヒウオの成長が、少なかった北部地域(西浅井、百瀬、今津)に比べて良いことを報告している。また、酒井⁸⁾は南部の守山沖と北部のマキノ沖で採捕した9月生まれの成長速度を比較し、成長差が生じる時期は10月以降であったことを報告している。本研究において11月上旬に実施した沖曳網による採捕調査は、いずれの年も沖島以南でしかしておらず、先に報告のある南部と北部の成長速度の比較はできなかったが、11月上旬に琵琶湖の各地域で沖曳網調査を実施し、その採捕されたヒウオから地域ごとの成長を漁期前に把握できると考えられる。

以上のことから、12月の漁期前に成長過程を把握することは、12月のエリ漁の漁況予測をするうえで非常に有用なデータとなりうる。一方で、小型沖曳網を含む沖曳網による採捕は、同水域であっても1曳網あたりの採捕尾数に大きな差が生じるため、生息密度の把握手法としては課題がある。今後漁況予測を行うには、漁獲加入までの約1月間の成長の予測手法と生息密度の定量評価手法の開発が必要である。

謝 辞

沖曳網による採捕調査には、沖島漁協の中村源野城氏、富田善久氏にご協力いただいた。

エリ漁獲標本の収集には、堅田漁協、守山漁協、中主

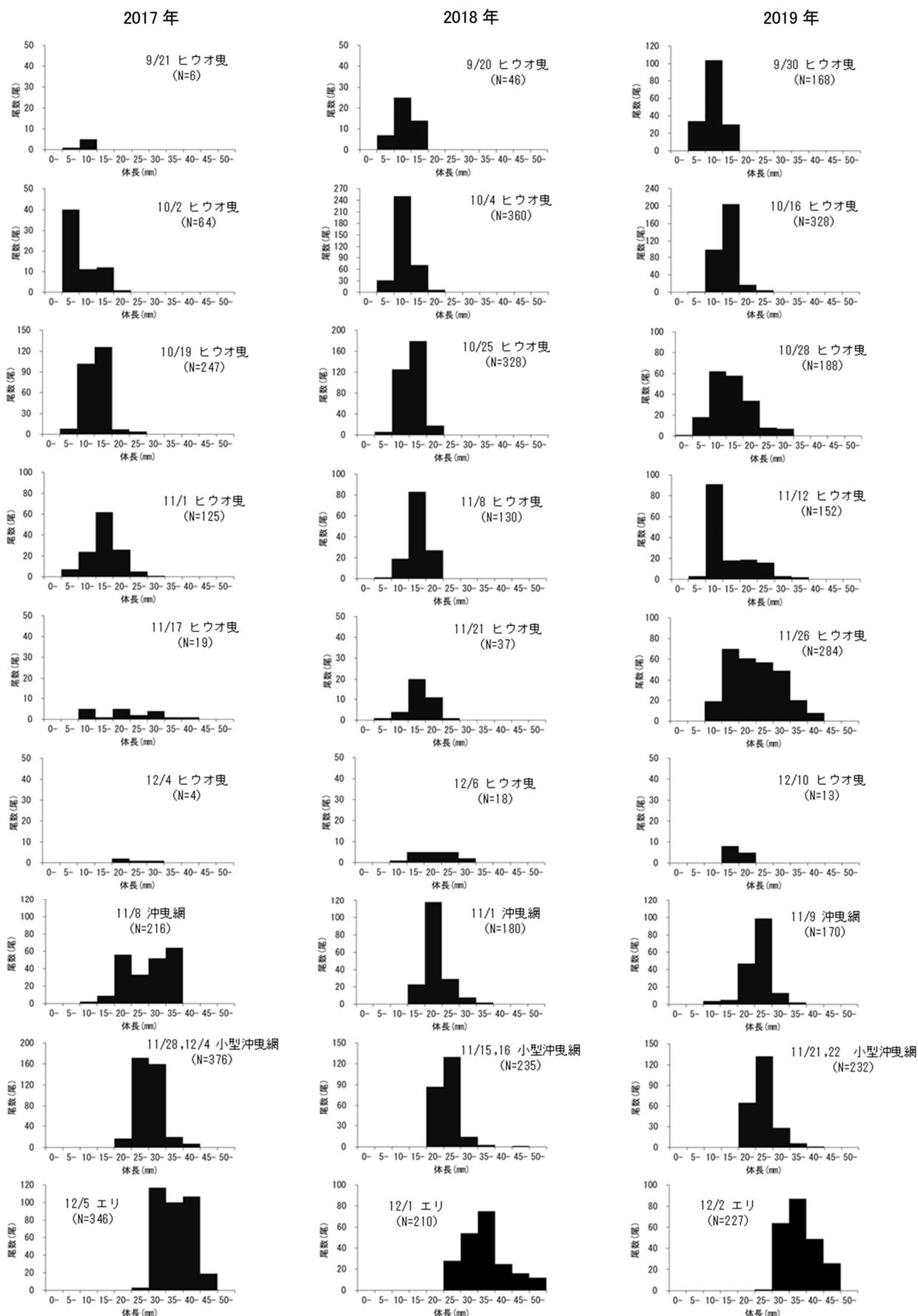


図4 各漁法で採捕したヒウオの体長組成

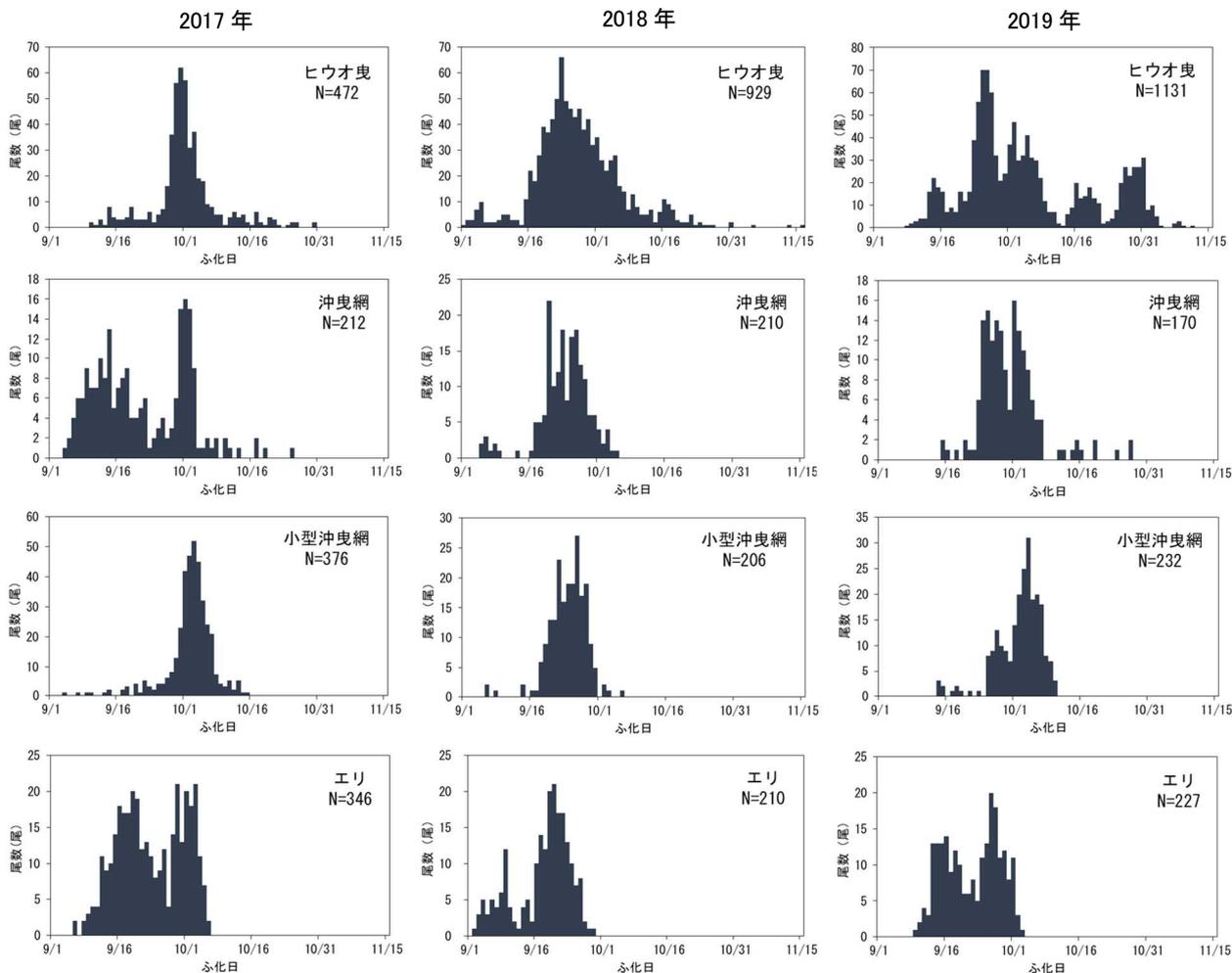


図5 各漁法で採捕したヒウオのふ化日組成

漁協、能登川漁協、両浜漁協、西浅井漁協、百瀬漁協および今津漁協の皆様にご協力いただいた。標本の計数、測定には、滋賀県水産試験場の中林時彦氏、小林里美氏の手を煩わせた。ヒウオ生息状況調査では、滋賀県水産試験場調査船「琵琶湖丸」船長の野村政俊氏にお世話になった。ここに記して厚くお礼申し上げる。

摘 要

1. 秋に漁業者が操業に使用する沖曳網とそれを参考にした調査用の小型沖曳網によるヒウオの採捕調査を実施し、採捕されたヒウオの体長やふ化日を、ヒウオ曳調査や12月のエリで漁獲されるヒウオと比較した。
2. 11月上旬に沖曳網で採捕されたヒウオは体長が20

～30 mmの範囲が多く、主に9月生まれであった。

3. 11月中旬以降に小型沖曳網で採捕されたヒウオの体長は20～30 mmの範囲が多く、11月上旬に沖曳網で採捕されたヒウオと大きさは変わらなかったが、ふ化時期は遅くなった。
4. 11月上旬の沖曳網で採捕されたヒウオのふ化日組成は、12月のエリで漁獲されたヒウオのふ化日組成と類似しており、漁獲加入約1か月前の漁獲対象魚であると考えられた。

文 献

- 1) 末富寿樹・池田准蔵(1952)：小鮎資源調査。滋賀県水産試験場研究報告，2，28-54。

- 2) 西森克浩・岸田達・松田裕之(1993) : 琵琶湖産アユの漁況予測. 滋賀県水産試験場研究報告, **43**, 41-45.
- 3) Tsukamoto K・Kajihara T. (1987) : Age determination of ayu with otolith. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 1985-1997.
- 4) 田中秀具 (2003) : 琵琶湖産アユのふ化時期からみた漁期・漁法別特徴. 滋賀県水産試験場研究報告, **50**, 1-17.
- 5) 酒井明久・矢田崇・井口恵一朗 (2012) : 琵琶湖におけるアユ仔稚魚の成長速度の変動と環境要因. 日本水産学会誌, **78(5)**, 885-894.
- 6) 酒井明久・矢田崇・井口恵一朗 (2013) : 琵琶湖におけるアユ仔稚魚の体長組成および成長履歴の地域差. 水産増殖, **61(3)**, 253-259.
- 7) 久米弘人 (2020) : 早期エリにおけるアユ漁獲量の地域差要因の検討. 平成 30 年度滋賀県水産試験場事業報告, p.64.
- 8) 酒井明久(2010) : 2008 年秋におけるアユの成長の地域差. 平成 20 年度滋賀県水産試験場事業報告, p.53.
- 9) 東 幹夫 (1964) : びわ湖におけるアユの生活史一発育段階研究の試み一. 生理生態, **12**, 55-71.
- 10) 東 幹夫 (1970) : びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究 I. 発育初期の分布様式と体形変異について. 日本生態学会誌, **20**, 63-76.
- 11) 孝橋賢一・井出充彦・久米弘人・大山明彦・田中秀具 (2019) : 小型沖曳網による平成 29 年(2017 年)1~2 月期のアユ採捕調査結果. 平成 29 年度滋賀県水産試験場事業報告, p.61.
- 12) 全国湖沼河川養殖研究会アユ人工種苗生産研究部会(1981) : アユ人工種苗生産研究報告, p.99.
- 13) 大山明彦・大前信輔・森田 尚・太田滋規・岡村貴司・竹上健太郎・太田豊三(2020) : 琵琶湖定点定期観測データ (2010 年度 [平成 22 年度]). 滋賀県水産試験場研究報告, **56**, 235-281.
- 14) 孝橋賢一・森田尚・藤岡康弘・金辻宏明・山本充孝 (2020) : 琵琶湖定点定期観測データ (平成 30 年度). 平成 30 年度滋賀県水産試験場事業報告, 111-163.
- 15) 鈴木隆夫・中嶋拓郎・藤岡康弘・金辻宏明・山本充孝 (2019) : 琵琶湖定点定期観測データ (平成 29 年度). 平成 29 年度滋賀県水産試験場事業報告, 101-150.