

琵琶湖北湖の水深 30m 等深線上に出現する魚群の魚種判別

酒井明久・上垣雅史・西森克浩・上野世司・井戸本純一・白杵崇広

Species identification of fish schools occurring on 30m depth area in Lake Biwa

Akihisa Sakai, Masashi Uegaki, Katsuhiko Nishimori, Seiji Ueno, Jun-ichi Idomoto and Takahiro Usuki

キーワード：アユ、ワカサギ、魚群、魚群探知機、魚種判別

琵琶湖のアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* は、養殖用または河川放流用の種苗として、さらには鮮魚や佃煮などの加工品原料として利用されており、琵琶湖漁業において漁獲量ならびに漁獲金額が最も多い重要な漁獲対象種¹⁾である。また、本種を対象とした漁業の操業は、概ね 11 月下旬から翌年 8 月中旬まで 9 ヶ月もの長期間に及ぶ。漁期中における本種の資源水準を評価するため、水産試験場では 1 月から 8 月まで月 1 回の頻度で湖中アユ魚群分布調査を実施している。本調査では、魚群探知機により琵琶湖の水深 30m 等深線に沿って設定されたコース上に出現する魚群数を観測している。昼間に琵琶湖の水深 30m の水域に出現する魚群はアユであることが確認されており、²⁾ 本調査は長年にわたり琵琶湖のアユ資源評価手法として実施されてきた。しかし、1994 年以降琵琶湖でワカサギ *Hypomesus nipponensis* が増加し、多い年には年間 500 トン程度が漁獲されるようになった(図 1)。これに伴い、湖中アユ魚群分布調査で観測した魚群中にワカサギが混在する可能性が指摘されるようになった。^{3,4)} このため、ワカサギが産卵期を迎え、沿岸に回遊する冬季に魚群の魚種確認を目的とした調査が実施され、3 月に水深 30m の水域に出現する魚群はアユである可能性が高いことが報告された。³⁾ しかし、これ以外に同様の報告はなく、ワカサギ資源の年変動や本種が季節的に回遊することを考慮すれば、年や時期および水域を変えても同様の結果が得られるかについては、さらに検討を加

える必要がある。

本研究では、琵琶湖北湖の水深 30m 等深線上に出現する魚群の魚種判別調査を水域や時期を変えて複数回行い、湖中アユ魚群分布調査で観測した魚群にワカサギが混在するかどうかを検討したので報告する。

材料と方法

調査には滋賀県水産試験場の調査船琵琶湖丸(19 トン)とこれに搭載された魚群探知機(JRC 製 JFV-200、周波数は 50kHz)または淡海丸(1.7 トン)とこれに搭載した魚群探知機(EAGLE 製 Fish Elite 500C、周波数は 200kHz)を使用した。

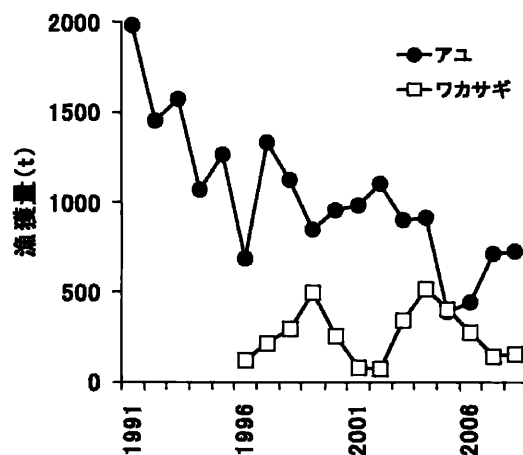


図 1 琵琶湖漁業におけるアユとワカサギの漁獲量。データは近畿農政局滋賀農政事務所「滋賀県農林水産統計年報」から引用。

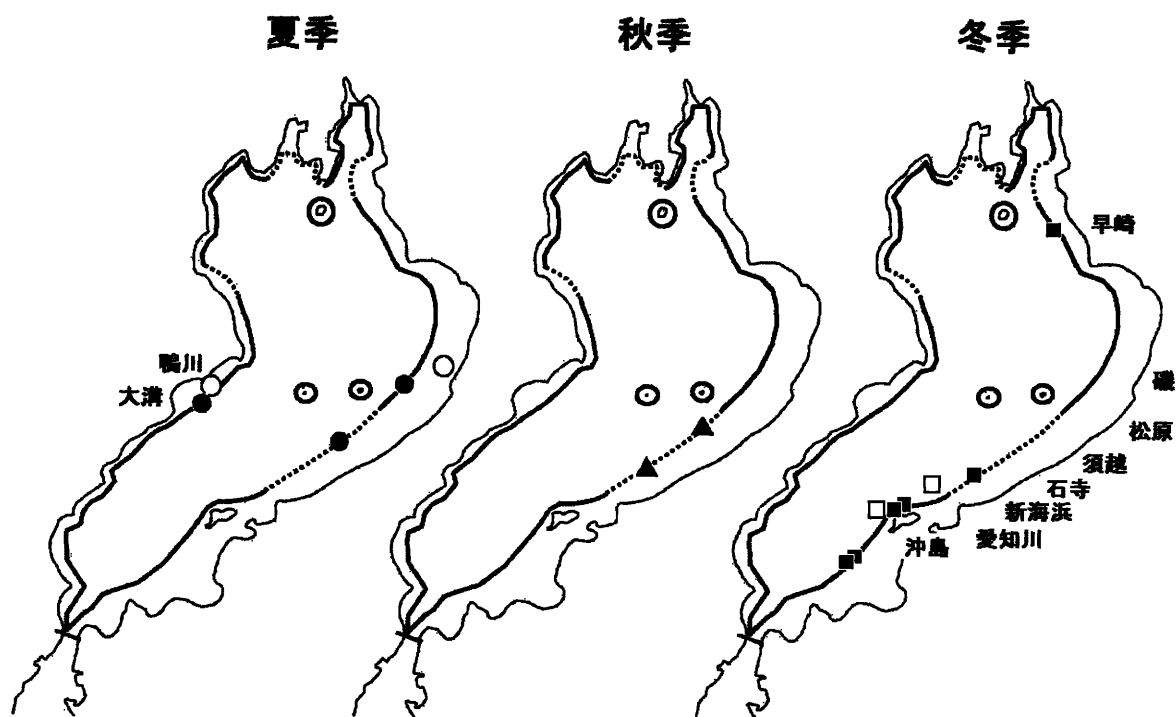


図2 調査水域.

実線は水深 30mを基準とした湖中アユ魚群分布調査のコース，点線は同調査の参考値観測コース，黒の記号は湖中アユ魚群分布調査コース上の調査地点，白抜き記号は同コース外の調査地点.

魚群探知機でとらえた魚群の映像（以下、エコーグラム）は、琵琶湖丸では乾式記録紙（JRC 製 NJW-96）に、淡海丸では魚群探知機に内蔵された電子記録媒体にそれぞれ記録した。調査は、2007年2月から2010年11月の期間中に、夏季調査（7～8月）を3回、秋季調査（11月）を2回、冬季調査（1～3月）を5回、合計10回をいずれも昼間に実施した。調査地点は湖中アユ魚群分布調査を行っている琵琶湖の水深30mの水域に設定したが、冬季調査では水深50m、夏季調査では水深15mの水域にも設けた（図2）。魚類の採集には、目合いの異なる複数の刺網（13.5, 17, 18, 24, 26, 28節）を組み合わせて用いた。それぞれの調査水域において等深線に沿って航行しながら魚群探知機で魚群を探索し、魚群を確認した地点で魚群の位置に応じて刺網を湖底に設置するか、もしくは水面の浮きから長さ10mのロープで垂下することにより中層に設置した。刺網は設置後30分～2時間程度経過した後に回収

した。なお、調査地点付近で一定時間探索しても魚群が見あたらなかった場合にも同様に刺網を設置した。なお、各調査時には調査地点付近において水温の鉛直分布を、自記水温計（アレック社、ABT-1またはCOMPACT CTD）により水面から湖底まで1m間隔で測定した。

採集した魚は、水産試験場に持ち帰った後、種を同定し、刺網の目合い別、魚種別にそのすべてまたは無作為に選んだ一部の個体の体長を測定した。

湖中アユ魚群分布調査で観測する魚群にワカサギが混在する可能性は、ワカサギ資源の多寡に影響されると考えられる。琵琶湖漁業におけるワカサギ漁獲量（図1）は年間（1～12月）の集計値であるため、この数値には4月頃まで漁獲される親魚と6月以降に漁獲される次世代の幼魚～成魚の漁獲量がともに含まれる。そこで、2006～2010年を対象に高島市安曇川町四津川地先にある特定のエリにおける7月と翌年2月のワカサ

ギ漁獲量を聞き取り、それぞれ同一年級群の本種幼魚および成魚（親魚）の資源量指標値として用いた。

結 果

夏季調査 2009年7月22日に彦根市松原沖の水深 30m 付近で測定した水温の鉛直分布をみる

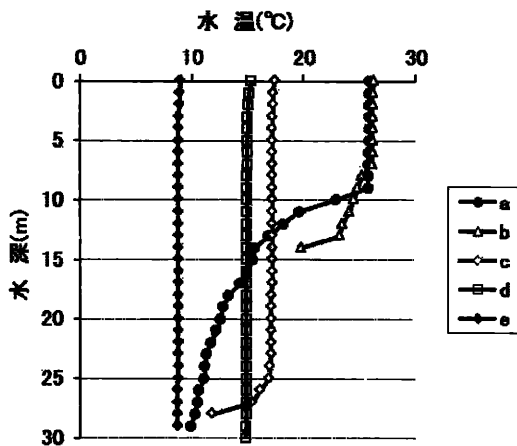


図3 季節別の水温鉛直分布.

a : 2009年7月22日彦根市松原沖, b : 2009年7月28日高島市鴨川沖, c : 2009年11月16日彦根市須越沖, d : 2010年11月19日彦根市新海浜沖, e : 2009年1月19日彦根市新海浜沖.

と、水深 10~14m に明瞭な水温躍層が形成されており、表水層は約 26°C、湖底付近では 9.9°Cであった（図 3a）。また、2009年7月28日に高島市鴨川沖の水深 15m 付近で測定した水温の鉛直分布をみると、約 26°Cの表水層が水深 7m 以浅にあり、これより湖底付近にかけて水温躍層が形成されていた（図 3b）。

2009年7月と8月に彦根市松原沖と彦根市石寺沖、高島市大溝沖の水深 30m 付近で行った調査では、いずれも表面近くから水深 22m 付近まで、すなわち表水層と水温躍層および深水層の上部にかけて魚群が認められた（図 4A）。また、8月の彦根市石寺沖の調査では、不明瞭であるが底層にも魚群が確認された。これらの地点で中層または底層に設置した刺網では、いずれの地点においてもアユのみが採捕された（表 1）。一方、同年7月に米原市磯沖および高島市鴨川沖の水深 15m 付近で行った調査では、水深 5m 層付近と湖底直上に魚群が認められた（図 4B）。これらの地点で底層に設置した刺網では、ともにアユ、ワカサギおよびビワヨシノボリ *Rhinogobius sp.* BW が採捕された（表 1）。

秋季調査 2009年11月6日に彦根市須越沖の水深 30m 付近で測定した水温の鉛直分布をみると、約 17°Cの表水層が水深 25m 以浅にあり、湖底付近に水温躍層が認められた（図 3c）。同日の



図4 琵琶湖の水深 30m および 15m の水域で観測した魚群のエコーグラム.

A : 2009年7月22日彦根市松原沖, B : 2009年7月28日高島市鴨川沖, C : 2010年11月19日彦根市新海浜沖, D : 2009年1月19日彦根市新海浜沖.

表1 刺網による魚群の魚種判別結果(夏季)

調査日	地点	水深(m)	採集層*1	漁具設置時刻	刺網			魚種	採集尾数(尾)	標準体長(mm) (平均±標準偏差)
					目合い*2	網目数(m)*3	把数			
2009/7/22	彦根市 松原沖	30~31	中層	10:29~12:40	28節	75掛(0.8)	1	-	-	-
					26節	70掛(0.8)	1	-	-	-
					24節	300掛(3.8)	1	アユ	7	63.9±1.15
					18節	200掛(3.4)	1	-	-	-
		29~30	底層	14:22~15:00	28節	75掛(0.8)	1	-	-	-
					26節	70掛(0.8)	1	-	-	-
					24節	300掛(3.8)	1	-	-	-
					18節	200掛(3.4)	1	-	-	-
	米原市 磯沖	15	底層	12:08~13:28	28節	75掛(0.8)	1	ワカサギ	54	57.4±1.84
					26節	70掛(0.8)	1	ワカサギ	35	58.0±2.05
24節					300掛(3.8)	1	アユ	21	65.3±3.28	
18節					200掛(3.4)	1	ワカサギ	62	61.6±2.70	
2009/7/28	高島市 大溝沖	30~36	中層	10:01~11:30	28節	75掛(0.8)	1	-	-	-
					26節	70掛(0.8)	1	-	-	-
					24節	300掛(3.8)	1	アユ	71	66.1±3.11
					18節	200掛(3.4)	1	アユ	27	81.6±3.06
	高島市 鴨川沖	15	底層	10:58~12:38	28節	75掛(0.8)	1	アユ	1	57.6
								ワカサギ	10	57.8±3.63
								ピワヨシノボリ	2	37.3±1.09
					26節	70掛(0.8)	1	アユ	1	84.0
					24節	300掛(3.8)	1	ワカサギ	15	58.2±3.68
								アユ	7	65.4±2.32
				18節	200掛(3.4)	1	ワカサギ	11	60.5±5.22	
							アユ	12	79.8±5.92	
2009/8/10	彦根市 石寺沖	30~31	中層	9:32~10:30	28節	75掛(0.8)	1	-	-	-
					26節	70掛(0.8)	1	-	-	-
					24節	300掛(3.8)	1	-	-	-
					18節	200掛(3.4)	1	-	-	-
	彦根市 石寺沖	31	底層	9:54~10:54	28節	75掛(0.8)	1	-	-	-
					26節	70掛(0.8)	1	-	-	-
					24節*4	300掛(3.8)	1	-	-	-
					18節	200掛(3.4)	1	アユ	15	78.3±3.06

*1:採集層の中層は刺網を吊す浮きのロープ長を10mとし、底層は刺網を湖底に接するように設置した。
 *2:目合いの大きさ「節」は、網地の網目を引き揃えて15.1cm間にある結節の総数で、数が多いほど目合いが小さい。
 *3:網目数「掛」は、網地の側辺の長さを表す単位で網目の数で示す。()内の数字は側辺の長さ(m)。
 *4:24節の刺し網は、よじれて正常に設置できなかった。

表2 刺網による魚群の魚種判別結果(秋季)

調査日	地点	水深(m)	採集層*	漁具設置時刻	刺網			魚種	採集尾数(尾)	標準体長(mm) (平均±標準偏差)
					目合い	網目数(m)	把数			
2009/11/6	彦根市 須越沖	29	底層	10:19~11:28	28節	75掛(0.8)	1	イサザ	1	50.0
					26節	70掛(0.8)	1	-	-	-
					24節	300掛(3.8)	1	-	-	-
					18節	200掛(3.4)	1	ワカサギ	14	87.6±3.62
					13.5節	300掛(6.0)	1	-	-	-
2010/11/19	彦根市 新海浜 沖	27~30	底層	13:58~14:31	28節	75掛(0.8)	2	スゴモロコ	2	54.8±0.82
								デメモロコ	10	46.5±1.51
								ゼゼラ	10	47.1±1.74
					26節	70掛(0.8)	2	スゴモロコ	3	53.5±2.76
								デメモロコ	12	46.6±3.48
								ゼゼラ	22	49.1±2.57
								ハス	5	53.8±2.37
					24節	300掛(3.8)	2	スゴモロコ	7	61.0±2.10
								デメモロコ	2	49.5±2.59
								ゼゼラ	10	52.8±2.76
			ハス	1	62.5					
			17節	200掛(3.4)	2	デメモロコ	2	71.4±8.10		
						ホンモロコ	2	80.6±0.71		
						ハス	3	82.9±2.76		
						ワカサギ	2	96.0±6.55		

*:採集層の底層は刺網を湖底に接するように設置した。

表3 刺網による魚群の魚種判別結果(冬季)

調査日	地点	水深(m)	採集層 ^{*1}	漁具設置時刻	刺網			魚種	採集尾数(尾)	標準体長(mm) (平均±標準偏差)
					目合い ^{*2}	網目数(m) ^{*3}	把数			
2007/2/23	長浜市 早崎沖	33~40	底層	11:05~12:15	26節	70掛(0.8)	2	アユ	180	-
					24節	300掛(3.8)	3	アユ	74	-
					13.5節	300掛(6.0)	3	-	0	-
2007/3/22	沖島北	25~35	底層	10:50~12:15	26節	70掛(0.8)	2	アユ	1370	-
					24節	300掛(3.8)	3	アユ	3250	-
					13.5節	300掛(6.0)	3	アユ	9	-
2008/3/17	沖島南西	28~32	底層	11:27~13:00	28節	75掛(0.8)	1	-	0	-
					26節	70掛(0.8)	1	-	0	-
					24節	300掛(3.8)	1	-	0	-
	沖島南西	29~39	底層	12:07~13:27	18節	200掛(3.4)	1	-	0	-
					28節	75掛(0.8)	1	アユ	20	60.2±2.22
					26節	70掛(0.8)	1	アユ	122	60.8±2.21
					24節	300掛(3.8)	1	アユ	42	66.5±4.55
					18節	200掛(3.4)	1	アユ	7	85.5±2.33
2009/1/21	沖島西	27~29	底層	11:40~12:40	28節	75掛(0.8)	1	-	0	-
					26節	70掛(0.8)	1	アユ	4	64.1±1.69
					24節	300掛(3.8)	1	アユ	5	69.6±3.98
	沖島西	50	底層	12:07~13:12	18節	200掛(3.4)	1	-	0	-
					28節	75掛(0.8)	1	ゼゼラ	2	47.0±4.41
					26節	70掛(0.8)	1	ゼゼラ	4	49.2±1.88
					24節	300掛(3.8)	1	ゼゼラ	7	51.8±2.62
					18節	200掛(3.4)	1	-	0	-
2010/1/19	彦根市 新海浜沖	31	底層	10:48~12:25	28節	75掛(0.8)	1	アユ	61	62.3±2.85
					26節	70掛(0.8)	1	アユ	231	63.7±2.85
					24節	300掛(3.8)	1	アユ	349	66.0±2.85
	愛知川沖	51~52	底層	11:58~12:53	18節	200掛(3.4)	1	-	0	-
					28節	75掛(0.8)	1	スゴモロコ	8	49.5±2.45
					26節	70掛(0.8)	1	ゼゼラ	5	47.0±2.47
					スゴモロコ			8	49.4±1.70	
					ゼゼラ			4	47.0±1.35	
					イサザ			2	48.3±2.04	
					24節	300掛(3.8)	1	スゴモロコ	2	53.8±0.00
					18節	200掛(3.4)	1	ゼゼラ	3	47.0±2.31
								0	-	

*1: 採集層の底層は刺し網を湖底に接するように設置した。

*2: 目合いの大きさ「節」は、網地の網目を引き揃えて15.1cm間にある結節の総数で、数が多いほど目合いが小さい。

*3: 網目数「掛」は、網地の側辺の長さを表す単位で網目の数で示す。()内の数字は側辺の長さ(m)。

調査では、中層および湖底付近に小さな魚群がみられ、底層に設置した刺網でワカサギおよびイサザ *Gymnogobius isaza* が採捕された(表2)。2010年11月19日に彦根市新海浜沖の水深30m付近で測定した水温の鉛直分布は、表面から底まで約15°Cでほぼ均一であった(図3d)。同日の調査では、湖底付近に小さな魚群がみられ(図4C)、底層に設置した刺網でスゴモロコ *Squalidus chankaensis biwae*、デメモロコ *Squalidus japonicus japonicus*、ホンモロコ *Gnathopogon caerulescens*、ゼゼラ *Biwia zezera*、ハス *Opsariichthys uncirostris uncirostris* およびワカサギが採捕された(表2)。

冬季調査 2009年1月19日に彦根市新海浜沖の水深30m付近で測定した水温の鉛直分布をみると、表面から湖底付近まで約9°Cで均一であっ

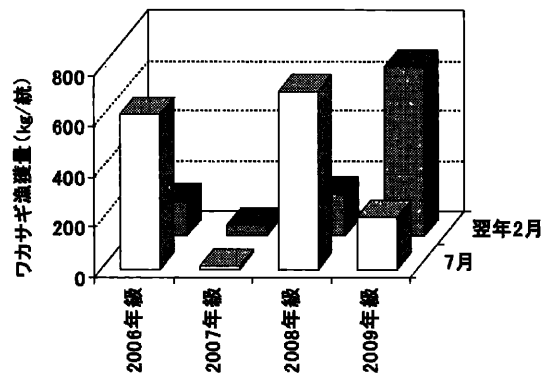


図5 高島市安曇川町四津川地先のエリにおけるワカサギ漁獲量。

た(図3e)。2007年から2010年にかけての1~3月に実施した調査では、水深30m付近の水域に

おいていずれも中層から底層にかけて魚群が認められた(図4D)。これらの地点で底層に設置した刺網では、アユのみが採捕された(表3)。一方、2009年1月および2010年1月に実施した沖島西および愛知川沖の水深50m付近における調査では、魚群は認められなかった。これらの地点で底層に設置した刺網では、ゼゼラ、スゴモロコ、イサザが採捕された(表3)。

ワカサギ漁獲量の年変動 ワカサギ幼魚の漁獲量(7月)は2006~2009年の4年間に顕著に変動し、最も少ない2007年は13kg/統、最も多い2008年は707kg/統であった(図5)。ワカサギ親魚の漁獲量(2月)も顕著に変動し、最も少ない2008年(2007年級)は46kg/統、最も多い2010年(2009年級)は674kg/統であった(図5)。

考 察

琵琶湖では1994年以降ワカサギが増加し、多い年には年間500トン程度が漁獲されるようになった。¹⁾ワカサギの季節的な分布の特徴については、井出⁵⁾および井出ら⁶⁾によってその概要が明らかにされている。それらによれば、①ワカサギは秋以降には水深20m以深の琵琶湖沖合いに生息する ②1月頃から産卵のため沿岸に向けて移動する ③産卵場は2~3月に河川下流部の河床に形成される ④稚魚は6月頃に沿岸のヨシ帯に生息する、と報告されている。すなわち、ワカサギは琵琶湖の沖合いと沿岸および河川下流部を季節によって回遊する生活史をもつ。このことから、琵琶湖北湖の水深30m等深線を調査コースとするアユ魚群分布調査にワカサギ魚群が混在するとすれば、稚魚が沿岸から沖合いに移動する時期と、親魚が沖合いから沿岸に移動する時期にその可能性が高まると推測される。特に、冬季にはアユよりサイズの大きいワカサギ親魚が多数漁獲されていることから、湖中アユ魚群分布調査に対する本種の影響が懸念されている。^{3,4)}

現在のところ、琵琶湖で魚群探知機を用いて魚類の資源調査が行われているのはアユのみであ

り、ワカサギを含めて他魚種のエコーグラムがどのような特徴を示すかは知られていない。しかし、宮崎県御池と鹿児島県鰻池で行われた魚群探知機による魚群分布調査と地曳網や刺網を用いた魚種判別調査では、ワカサギがアユと同様に魚群として観測され、その鉛直分布がアユよりやや深いことが明らかにされている。⁷⁾したがって、琵琶湖においてもワカサギがアユと同所的に生息する場合には、両種の魚群が混在して観測される可能性がある。

琵琶湖における夏季のアユの鉛直分布は、ワカサギが既に増加している1996年と1997年にShirakihara et al.⁹⁾によって魚群探知機とビデオカメラを用いて調べられている。これによれば、アユは水深20m以浅に分布し、特に水深4~11mの表水層で密度が高かったと報告されている。本研究における夏季調査においても、魚群の鉛直分布は類似の傾向を示し、水深30mの水域では明瞭な魚群は表面近くから水深22m付近までに認められた(図3A)。また、湖底付近にも不明瞭ながら魚群が認められた。これらの地点で中層または底層に設置した刺網ではアユのみが採捕された(表1)。これらのことから、夏季に水深30mの水域において魚群探知機で観測される魚群はアユであると考えられる。また、この調査結果から、夏季のアユの鉛直分布は、Shirakihara et al.⁹⁾が報告したように表水層および水温躍層に中心をもつと考えられるが、本調査によって水温躍層より深い深水層にも一部が生息することが確認された。一方、夏季調査において水深15mの水域では、魚群は水深5m層付近と湖底直上に認められ(図3B)、底層に設置した刺網ではアユ、ワカサギおよびビワヨシノボリが採捕された(表1)。ビワヨシノボリは湖底で生活することから、底層の魚群はアユかワカサギのどちらかまたはそれらの混成と考えられる。また、今回の調査では同時に観測された水深5m層の魚群の魚種を直接確認することはできなかったが、Shirakihara et al.⁹⁾の調査を参考にすれば、アユの可能性が高いと推測される。なお、夏季調査を実施した2009

年は、ワカサギ幼魚の資源水準が 2006 年と 2008 年に比べて低いと考えられるが (図 5)、水深 15m の水域では本種が採捕されていることから、水深 30m の水域で採捕されなかったのは、この時期のワカサギの分布域が水深 30m まで達していないためと考えられる。

アユ魚群分布調査は 11 月には実施されていないが、この時期はアユ仔魚がまだ明瞭な魚群を形成しないと考えられるため、他の魚種、特にワカサギのエコグラムの特徴を捉える機会として秋季調査を行った。調査では 2009 年、2010 年ともに水深 30m 付近の水域で湖底付近に小さな魚群が観測され (図 3C)、湖底に設置した刺網では 2009 年にはワカサギとイサザ、2010 年にはワカサギ、ハス、スゴモロコ、デメモロコおよびゼゼラが採捕された。これらのうちイサザは日周鉛直移動を行うが昼間には湖底におり、¹⁰⁾ ゼゼラは湖底で生活する魚種であるため、¹¹⁾ この両種は魚群として観測されにくいと考えられる。実際に、冬季調査の水深 50m の水域では魚群が観測されなかったにもかかわらずこの両種は採集されている (表 1)。この時同時に採集されたスゴモロコもおそらく魚群としては観測されにくい魚種と推測される。これらのことから、秋季調査において昼間に魚群探知機で観測されたエコグラムはこれら以外の魚種、すなわちワカサギ、ハスおよびデメモロコのいずれかと考えられる。魚種ごとのエコグラムの特徴をより詳細に明らかにするには、更なる調査事例の蓄積が必要である。

冬季調査では、水深 30m の水域において中層から底層にかけて明瞭な魚群が認められ (図 3D)、2007~2010 年に延べ 5 回実施した調査のすべてにおいてアユのみが採捕された (表 3)。この 4 年間にワカサギ親魚の資源水準は顕著に変動したが (図 5)、その影響は刺網による魚類採集結果には反映されなかった (表 3)。1 月に水深 20m 以深の水域で沖びき網を用いて行われた魚類の分布調査⁸⁾ では、アユは水深 20~40m の地点で採集尾数が多く、ワカサギは水深 30m の地点でも採集されているが、より多くのワカサギが採集

されたのは水深 40~70m の地点であった。すなわち、冬季にはワカサギはアユより沖合いの深所に分布の中心をもつことが明らかとなっている。これらのことから、冬季に水深 30m の水域において魚群探知機で観測される魚群は主にアユで構成されると考えられる。

以上のことから、湖中アユ魚群分布調査を実施している 1~8 月において、水深 30m の水域で観測される魚群の主体はアユであり、ワカサギを含めた他魚種は本調査の結果に影響を与えるほどには混在していないと考えられる。すなわち、ワカサギが増加した現在の琵琶湖においても、同調査はアユの資源水準の評価手法として有効であるといえる。しかし、今後ワカサギの資源水準が現状より著しく高まった場合には、同調査に与える影響を再び評価する必要があるだろう。

謝 辞

魚種確認のために使用した刺網の操業方法は、彦根市磯田漁業協同組合所属の漁業者であるとともに滋賀県水産試験場調査船「琵琶湖丸」船長の森 善則氏にご指導いただいた。また、ワカサギの漁獲量データの聞き取りには三和漁業協同組合に御協力いただいた。ここに記し、感謝の意を表します。

摘 要

1. 湖中アユ魚群分布調査で観測する魚群に、1994 年以降琵琶湖で増加したワカサギ魚群が混在するかどうかを、複数の目合いの刺網を用いた魚類採集を魚群観測地点で行うことにより調べた。
2. 湖中アユ魚群分布調査の調査コースを設定している水深 30m の水域では、1~3 月に行った冬季調査と 7~8 月に行った夏季調査において、アユのみが採捕された。
3. ワカサギは 7 月には水深 15m の水域で、11 月には水深 30m の水域で採捕された。

4. 以上の結果から、湖中アユ魚群分布調査を行っている1~8月に水深30mの水域で観測される魚群の主体はアユであることが確認され、ワカサギが増加した現在の琵琶湖においても、同調査はアユの資源水準の評価手法として有効であると考えられた。

Fisheries Science, **67**, 430-435.

- 10) 中村守純(1969): 日本のコイ科魚類. 財団法人資源科学研究所, 東京.
- 11) Takahashi S. (1981): Vertical distribution and diel migration of isaza, *Chaenogobius isaza*, Pisces in Lake Biwa. *Zool. Mag.*, **90**, 265-270.

文 献

- 1) 近畿農政局滋賀農政事務所(2010): 平成20年度滋賀県農林水産統計年報, 水産業の部, 143-150.
- 2) 橋詰彌一郎(1958): 魚群探知機の記録から見た2・3月期における湖中コアユ群の動静について(予報). 滋賀県水産試験場研究報告, **9**, 29-36.
- 3) 孝橋賢一・田中秀具・片岡佳孝(2000): アユ魚探調査における魚群像と沖曳網・刺網採捕結果との比較. 平成11年度滋賀県水産試験場事業報告, 90-91.
- 4) 西森克浩(2005): アユ魚探調査にあたるワカサギ魚群の影響. 平成16年度滋賀県水産試験場事業報告, 37.
- 5) 井出充彦(1996): 琵琶湖のワカサギの基礎的知見(概要報告). 平成6~7年度琵琶湖および河川の魚類等の生息状況調査報告, 136-142.
- 6) 井出充彦・山中 治・片岡佳孝(2002): 琵琶湖流入河川でのワカサギの産卵状況と特性. 滋賀県水産試験場研究報告, **49**, 39-49.
- 7) 白石芳一(1961): ワカサギの水産生物学的ならびに生物学的研究. 淡水区水産研究所研究報告, **10(3)**, 1-263.
- 8) 滋賀県水産試験場(2005): 平成14~15年度琵琶湖および河川の魚類等の生息状況調査報告書, 105-118.
- 9) Shirakihara K., M. Yoshida, M. Nishino, Y. Takao and K. Sawada (2001): Acoustic evaluation of the vertical distribution of dwarf ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* in Lake Biwa.