

西湖のヒメマスの春季沿岸回遊

青柳敏裕・谷沢弘将・長谷川裕弥*

ヒメマス *Oncorhynchus nerka* は内水面の重要な水産資源の一つであり、本県では富士五湖のうち西湖及び本栖湖で、遊漁主体の地域特産物として利用されている。ベニザケの湖沼型である本種は、環境収容力や生息密度等により降海型と湖沼残留型に分かれるとされる¹⁾。西湖では、例年4月から5月にかけて沿岸回遊する集団(地元では「陸回り」と呼称)が出現し、降海のための行動と考えられていた。

2015年4月から5月上旬頃まで出現し、その後見られなくなった陸回り集団が、5月下旬から6月上旬頃にかけて再び出現した。そこで、これら2つの陸回り集団について出現状況や採食状況等をもとに、その相違について検討した。

材料及び方法

標本採集 2015年4月22日、西湖の主湖盆と副湖盆の接続地点であるノド首沿岸部(水深4m)で、ヒメマスを竿釣りにより採集した(以下、沿岸早期)。なお陸回りの出現情報は、4月中旬に西湖漁協から入手した。情報では4月上旬から湖内全域的に沿岸部でヒメマスが釣れるようになり、その後の聞き取りでは5月上旬頃まで続いたとのことであった。5月下旬、一旦終息した沿岸回遊が再び出現したとの情報を得て、5月27日に西湖漁協養魚池排水が流入する湖岸(水深0.5m)で、投網によりヒメマスを採集した(以下、沿岸後期)。採集日及び翌日午前中に根場、小ジラ、西の越、桑留尾、前浜、河口湖への放水路(オオクチバス流出防止網手前)、津原、西湖漁協前、長崎、大輪の各地点で、陸上目視により沿岸回遊の有無を確認した。これら沿岸回遊の対照として、5月30日及び31日に高松沖のヒメマス遊漁ブイ(水深約30m、60mの2地点)において、竿釣りにより採集した(以下、沖合回遊)。採集及び陸上目視を行った地点を図1に示した。



図1 標本採集地点及び陸上目視地点

魚体測定 各標本の標準体長(1mm単位)及び体重(0.1g単位)を測定し、スモルト相の外観的特徴²⁾として、背鰭及び尾鰭先端が黒化した個体(ツマ黒)の比率をツマ黒化率とした。クニマス *O. kawamurae* との判別は、PCR法³⁾により行った。また、沿岸後期と沖合回遊標本について、鱗により年齢査定を行った。沿岸早期は年齢査定未実施で標本を処分していたため、沿岸後期及び沖合回遊の年齢及び体長から

Aoyagi Toshihiro, Tanizawa Kosho, Hasegawa Yuya (※山梨県衛生環境研究所)

求めたベルタランフィの成長曲線 $l_t=250[1-e^{-0.387(t+0.07)}]$ により、体長 85-137mm を 1+, 138-173mm を 2+, 174-197mm を 3+, 198mm 以上を 4+(4+以上)として、年齢を推定した。

食性 魚体測定時に胃を摘出して 5%ホルマリンで固定後、胃内容物重量(0.0001g 単位)を測定した。陸生昆虫類(クモを含む)、ユスリカ類(幼虫及び蛹)、ミズムシ類、魚類、釣餌(イクラ、サシ)、消化物(不明含む)の区分で計数・秤量し、生物顕微鏡下でケンミジンコ類、同コペポデイド幼生、枝角類を計数した。春季の西湖におけるヒメマスの主要な餌生物を検討するため、餌重要度指数(IRI: Index of Relative Importance)⁴⁾を求めた。ただし動物プランクトンは微量で秤量困難だったため、重量を 0 として扱った。空胃率(各集団の空胃個体数/各集団の個体数×100)、肥満度(体重/体長³×1000)、胃充満度(胃内容物重量/体重×100)について、Tukey-Kramer 法または steel 法により多重比較を行った。

生息環境 クニマス生息環境調査として実施中の水温鉛直分布調査結果をもとに、2015 年 4 月 1 日から 6 月 3 日までの間の水深 0.5, 4, 6, 8, 10, 15m の水温を抽出した。水温は、主湖盆湖心の定点に水温ロガー(HOBO 社製 Tid-vid2)を所定の水深ごとに垂下して、1 時間間隔で連続測定した。餌環境調査として、水温観測と同定点で、北原式定量ネット(NXX-13, 目合 0.1mm)を用いて湖面から水深 40m までは深度 10m ずつ、40-60m は 20m の鉛直採集を 2015 年 5 月 15 日に行った。採集した動物プランクトンのうち、餌プランクトン(ケンミジンコ類, ハリナガミジンコ類)を生物顕微鏡下で計数し、湖水密度を算出した。

結果

沿岸後期が目視確認された地点は、湖東側にある河口湖への放水路から西湖漁協前の際に限られ、水深 0.2-1m 程度を岸沿いに複数の集団で回遊していた。沿岸早期は、流入河川のある副湖盆から放水路のある主湖盆まで全域的に見られたそうだが、4 月 22 日の採集では集団での沿岸回遊は目視されず、時に複数の魚影が浮遊しているのが観察された。このような状況の中、沿岸早期はいわゆる入れ食いの状態で、餌釣りによる CPUE26.7 尾/時間と、沖合回遊の 2.1 尾/時間(5 月 30 日)及び 10.7 尾/時間(5 月 31 日)を大きく上回った。

沿岸早期及び後期、沖合回遊の合計 264 尾が採集されたが全てヒメマスで、クニマスは含まれなかった。沿岸後期の体長及び体重は、沿岸早期及び沖合回遊より小さかった(Tukey-Kramer 法による多重比較, $p<0.01$)。また、沿岸後期のツマ黒化率 100%に対して、沿岸早期及び沖合回遊のツマ黒化率はそれぞれ 25.0%, 9.8%と、沿岸後期より低かった(steel 法による多重比較, $p<0.01$) (表 1)。なお、各集団とも観察されたツマ黒個体は、全て 1+または 2+であった。

表 1 標本の概要

集団区分	種名	標本数	採集水深 (m)	体長 (cm)		体重 (g)		ツマ黒化率 (%)
				平均	最小-最大	平均	最小-最大	
沿岸早期	ヒメマス	40	1-3	14.7	11.5-25.0	46.3	17.3-240.1	25.0
沿岸後期	ヒメマス	142	0.5	13.1	11.0-15.1	28.9	17.1-42.6	100
沖合回遊	ヒメマス	82	10-30	15.1	8.8-19.8	49.7	8.3-105.4	9.8

ツマ黒化率: 背鰭等の先端が黒化した個体の比率(steel法により多重比較, $p<0.01$)

体長, 体重はTukey-Kramer法により多重比較 ($p<0.01$)

沿岸後期の年齢は 1+(50.7%) 及び 2+(49.3%) のみであったのに対して、沖合回遊は 1+から 4+まで出現し、2+(51.2%) が最も多かった。2 集団の成長理論値から推定した沿岸早期の年齢は沖合回遊同様 1+から 4+で、うち 70%が 2+と推定された(図 2)。沿岸早期の空胃率は他の 2 集団より低く(steel 法, $p<0.01$)、沿岸後期の胃充満度及び肥満度は他の 2 集団より低かった(Tukey-Kramer 法, $p<0.05$) (表 2)。

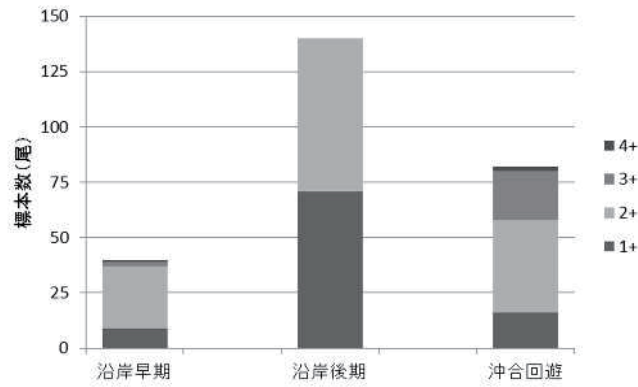


図2 各集団の年齢組成(沿岸早期は推定による)

表2 各集団の採食状況

集団区分	空胃率(%)	胃充満度(%)		肥満度	
		平均	最小-最大	平均	最小-最大
沿岸早期	5.0	0.4	0.0-2.1	13.3	10.5-15.4
沿岸後期	17.6	0.2	0.0-1.2	12.6	11.1-14.4
沖合回遊	29.3	0.4	0.0-3.3	13.5	9.8-18.3

空胃率: 各集団の空胃個体数/個体数×100(steel法により多重比較)

胃充満度: 胃内容物重量(g)/体重(g)×100(Tukey-Kramer法により多重比較)

肥満度: 体重(g)/体長(cm)³×1000(Tukey-Kramer法により多重比較)

有意水準の*は $p < 0.05$, **は $p < 0.01$

沿岸早期及び後期の餌生物は、陸生昆虫(確認できたものは甲虫、ハチ、アリ、クモ)が多く、沖合回遊ではユスリカ類の幼虫及び蛹が多く認められた。沖合回遊では空胃率が沿岸早期より高く、釣り餌の出現も少なくなかった。

餌重要度指数(IRI)は、沿岸早期及び後期では圧倒的に陸生昆虫がIRIランク1位であった。沖合回遊の1位は釣り餌で、ユスリカ類、ケンミジンコ類と続き、陸生昆虫のランクは7位と低かった(表3)。

2015年5月15日の餌プランクトン密度は0.4個体/L未満と全体的に低く、ヒメマス⁵⁾の主要な遊泳層である水深10-30m間の密度は0.1個体/L未満と、特に低かった(図3)。

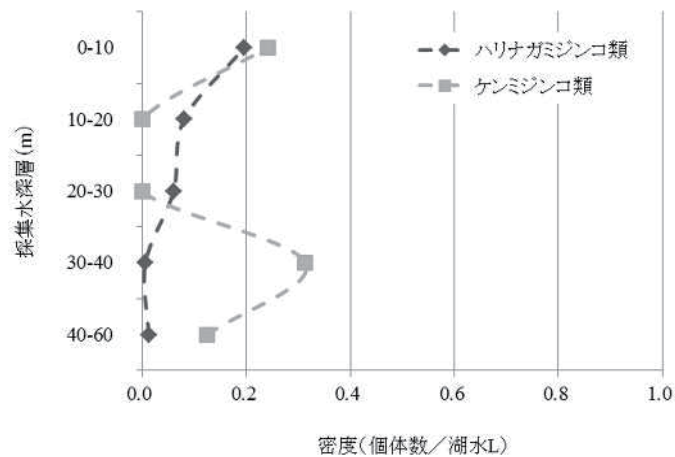


図3 主湖盆湖心部におけるヒメマス餌プランクトン密度の鉛直分布(2015年5月15日)

表 3 各集団の餌重要度指数 (IRI)

沿岸早期

	捕食個体数	%F	被食個体数	%N	被食重量(mg)	%W	IRI	%IRI	IRIランク
ケンミジンコ	15	48.4	297	21.6	0	0	1,044	6.8	3
ハリナガミジンコ	18	58.1	231	16.8	0	0	974	6.4	4
ゾウミジンコ	1	3.2	4	0.3	0	0	1	0.01	8
ユスリカ幼虫・蛹	23	74.2	261	19.0	0.1691	3.3	1,649	10.8	2
ミズムシ	4	12.9	5	0.4	0.0430	0.8	15	0.10	6
陸生昆虫	28	90.3	568	41.2	4.4016	85.3	11,428	74.6	1
魚類	2	6.5	2	0.1	0.0778	1.5	11	0.07	7
釣餌	6	19.4	9	0.7	0.4701	9.1	189	1.2	5
計	31	312.9	1,377	100.0	5.1616	100.0	15,311	100.0	

沿岸後期

	捕食個体数	%F	被食個体数	%N	被食重量(mg)	%W	IRI	%IRI	IRIランク
ケンミジンコ	34	42.5	107	47.3	0	0	2,012	20.3	2
ハリナガミジンコ	15	18.8	35	15.5	0	0	290	2.9	3
ゾウミジンコ	0	0	0	0	0	0	0	0	-
ユスリカ幼虫・蛹	5	6.3	10	4.4	0.0054	0.6	31	0.32	5
ミズムシ	1	1.3	1	0.4	0.0006	0.1	1	0.01	6
陸生昆虫	51	63.8	71	31.4	0.7887	87.0	7,547	76.1	1
魚類	2	2.5	2	0.9	0.1121	12.4	33	0.33	4
釣餌	0	0	0	0	0	0	0	0	-
計	80	135.0	226	100.0	0.9	100.0	9,915	100.0	

沖合回遊

	捕食個体数	%F	被食個体数	%N	被食重量(mg)	%W	IRI	%IRI	IRIランク
ケンミジンコ	30	50.0	298	17.6	0	0	881	18.7	3
ハリナガミジンコ	20	33.3	158	9.3	0	0	311	6.6	4
ゾウミジンコ	4	6.7	642	38.0	0	0	253	5.4	5
ユスリカ幼虫・蛹	21	35.0	434	25.7	0.3503	2.9	999	21.2	2
ミズムシ	3	5.0	112	6.6	2.2365	18.4	125	2.7	6
陸生昆虫	7	11.7	8	0.5	0.1797	1.5	23	0.5	7
魚類	2	3.3	2	0.1	0.6285	5.2	18	0.4	8
釣餌	17	28.3	37	2.2	8.7563	72.1	2,104	44.6	1
計	60	173.3	1,691	100.0	12.1513	100.0	4,714	100.0	

IRI = %F × (%N + %W), %IRI = ある餌生物種のIRI / 全ての餌生物種のIRI合計 × 100

%F: ある餌生物種を捕食していたヒメマス数 / 空胃個体を除くヒメマス数 × 100

%N: ヒメマス胃内容物中のある餌生物種の出現数 / 全ての餌生物種の出現数 × 100

%W: ヒメマス胃内容物中のある餌生物種の重量 / 全ての餌生物種の重量 × 100

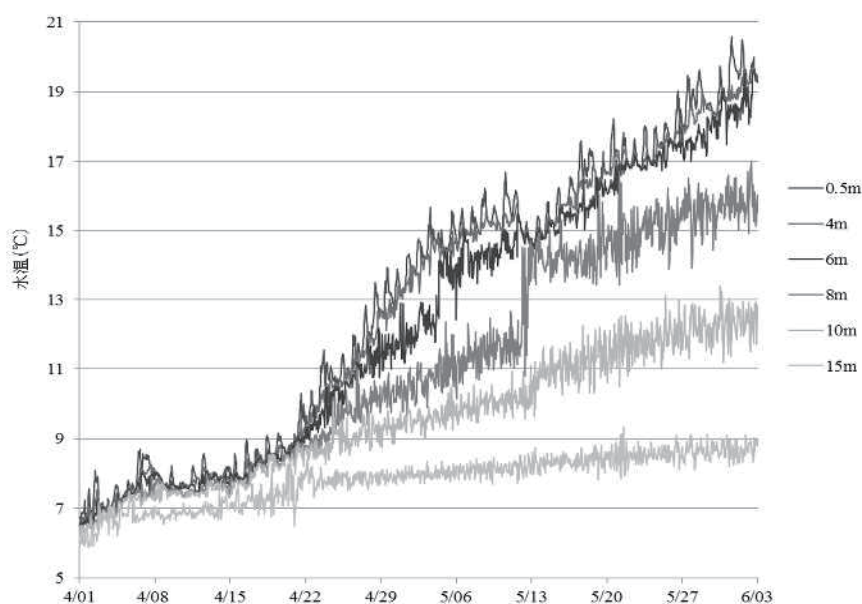


図 4 主湖盆湖心部表層の水温鉛直分布(2015年4月1日から6月3日)

湖水温は、4月22日頃から6m以浅の層で大きく上昇を始め、5月中旬以降の表層水温は終日15°Cを超えていた。5月20日頃以降は6m以浅の層は17°Cを超え、5月末には18-20°Cに達していた(図4)。

考察

沿岸早期の出現時期(4月上旬から5月上旬)は、水深6m以浅の水温が、ヒメマス分布範囲と考えられる7-15°C台⁵⁾にある期間と概ね一致していた。5月の餌環境調査結果からハリナガミジンコ類等の餌プランクトン密度が低い水準にあると考えられる中、沖合回遊では釣り餌への依存度が高く、自然の餌生物ではユスリカ類を主体に、負の選択性を示すゾウミジンコ⁶⁾まで採食していたのに対し、主として陸生昆虫類を採食していた沿岸早期の空胃率は低く、かつ餌釣りのCPUEが沖合回遊より高かったことから、活発に採食していたと考えられた。出現範囲も聴き取りによると湖内全域的であり、沿岸後期が放水路のある東側に偏って回遊していたのと対照的な差がみられた。これらを総合すると、西湖でほぼ毎年出現し全域的にみられるいわゆる「陸回り」は、餌生物が乏しい春季、湖面の落下昆虫を採食するための積極的な索餌行動と考えられた。湖面に張り出す樹木等が乏しい西湖では、表層水温は気温の上昇と相関が高く⁶⁾、水温が行動適温を超える5月中旬頃までに、湖面での活発な採食は終息すると考えられた。

一方、2015年5月下旬に確認された沿岸後期は、沿岸早期及び沖合回遊の年齢組成が1+から4+まで幅広く出現していたのに対して、1+及び2+に限られていた。支笏湖や洞爺湖では6月から7月にかけて、中禅寺湖では4月から6月にかけて2年魚(1+)または3年魚(2+)の一部が降河行動を起こす^{1,7,8)}といわれ、沿岸後期の出現時期及び年齢に類似する。ただし出現時期の表層水温は既に17°Cを超えており、支笏湖や中禅寺湖で報告されている降河期水温10-15°C⁸⁾を上回っていた。しかし、全ての個体がスマルト相の特徴であるツマ黒状態であったことや年齢組成、体サイズが小さいことを踏まえ、沿岸後期は降河行動に伴う沿岸回遊と考えられた。これまで沿岸後期のような降河行動は、少なくともクニマス調査を開始した2011年以降では、2015年しか確認されていない。沿岸後期は、2013年及び2014年の放流種苗と考えられ、2013年は阿寒湖及び中禅寺湖由来(計17万尾)、2014年は支笏湖、中禅寺湖、忍野支所(十和田湖系)由来(計14万尾)である。降海型ヒメマスは体サイズが残留型より小さく、個体群が大きく年間平均水温が低いほど出現しやすい¹⁾といわれるが、西湖では2010年以前に年間20-30万尾あった稚魚放流量が2011年以降は15万尾前後と2/3程度に減少し、以前に比べれば降河個体は出現しにくいのではと思われる。しかし、餌プランクトン(ケンミジンコ類、大型の枝角類)の密度は年間を通じて概ね1.0個体/L以下⁹⁾と十和田湖に比べて低く⁹⁾、現在の放流量でもまだ餌資源に対して多いか、またワカサギ増殖に伴う餌の競合が影響していると考えられる。種苗の由来や餌との相対的な資源量からは降下個体が出現してもおかしくないと思われるが、0.5m層の年間平均水温(2014年13.8°C、2015年14.2°C)は支笏湖の表層水温の年平均8-10°C¹⁾より高く、降河個体の出現が少ない一因なのかもしれない。

例年、4月から5月上旬にかけて出現する「陸回り」にもツマ黒個体が含まれ、降河のための沿岸回遊魚が含まれる可能性もあるが、湖内全域的に出現し活発に採食を行っている状況から、前述のとおり索餌行動によるものと考えられた。接岸したヒメマスは、岸からのヘラブナ遊漁者やオイカワ等の雑魚の遊漁者に頻りに釣獲され、資源減耗の一因となっている。それだけでなく、ヘラブナ遊漁者からも遊漁を阻害するとして苦情が生じることもある。ヒメマスの接岸は、宙層から表層への移動が容易な、湖底への傾斜が急な駆け上がりの地点で発生することが多いと推測される。ヒメマス及び他の遊漁への影響を緩和するため、ヒメマスの接岸が問題となる地点と時期を選定して岸からの餌釣りを制限する、あるいは春解禁期のヒメマス成魚の放流を釣況に応じて調整して餌不足を軽減するなどの対策が必要と考えられる。

最後に、春に沿岸で釣獲される集団についてはこれまで、2014年に49尾、2016年に177尾を収集(いずれも岸釣りの雑魚遊漁者から漁協が回収したもの)して種判別(PCR法)を行ったが、2015年の沿岸採

集魚 182 尾を含め全てヒメマスで、クニマスは 1 尾も含まれなかった。日光を忌避するといわれたクニマスが湖面まで索餌のため来遊することがまれなのか、また陸封型と考えられるクニマスには降河個体が出現しないのか、いずれも不明であるが、産卵期以外の未成熟期の行動にもヒメマスと差異がある可能性も考えられる。

要約

- 1 西湖のヒメマスは、主要な餌生物であるハリナガミジンコ類等の動物プランクトンが少ない春季に、表層水温が 15℃台以下(5 月上旬頃まで)の間、沿岸部を含む表層で積極的に落下昆虫等を採食すると考えられた。
- 2 2015 年 5 月末に湖東側沿岸に出現した沿岸回遊群は、スモルト集団の降河行動と考えられた。西湖ではこのような降河個体の出現は少ないと思われ、毎年みられる索餌のための接岸について、降河行動と混同せずに対策を講じる必要があると考えられた。
- 3 2014 年から 2016 年にかけて、合計 408 尾の沿岸採集魚の種判別(PCR 法)を行い、結果は全てヒメマスであった。クニマスとヒメマスには、未成熟期の行動にも差異がある可能性が考えられた。

文献

- 1) 帰山雅秀 (1991): 支笏湖に生息する湖沼型ベニザケの個体群動態. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 45, 1-24.
- 2) 伴真俊・東照雄 (2004): 支笏湖と中禅寺湖に分布するヒメマスのスモルト化. さけ・ます資源管理センター技術情報, 170, 9-15.
- 3) Kouji Nakayama・Nozomu Muto・Tetsuji Nakabo(2013): Mitochondrial DNA sequence divergence between “Kunimasu” *Oncorhynchus kawamurae* and “Himemasu” *O. nerka* in Lake Saiko, Yamanashi Prefecture., Japan, and their identification using multiplex haplotype-specific PCR. Ichthyological Research, 60, 277-281.
- 4) 芦澤晃彦・坪井潤一・谷沢弘将(2014): カワウの食性調査に基づく被害対策の効果検証. 山梨県水産技術センター事業報告書, 41, 46-51.
- 5) 杉山秀樹・上原子次郎・水谷寿(2004): 十和田湖に生息する生物 1) 魚類. 湖沼環境の基盤情報整備事業報告書—豊かな自然環境を次世代に引き継ぐために— 十和田湖, (社)日本水産資源保護協会編, 29-45.
- 6) 青柳敏裕・岡崎巧・加地奈々・大浜秀規・長谷川裕弥・勘坂弘治・市田健介・吉崎悟朗(2014): クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究(第 2 報). 山梨県総合理工学研究機構研究報告書, 9, 49-65.
- 7) 徳井利信(1969): ヒメマスの研究(IV) 1962 年に支笏湖から降下移動したヒメマスについて. 北海道さけ・ますふ化場研報, 24, 1-8.
- 8) 田中実(1972): マス類の放流効果に関する研究—Ⅲ ヒメマスの降下魚と降下の要因. 淡水区水産研究所研究報告, 22(1), 13-24.
- 9) 高田芳博・八木澤優・保坂芽衣(2017): 十和田湖のヒメマスの増殖、管理手法. 平成 28 年度秋田県水産振興センター業務報告書, 142-151.