

## 琵琶湖産ビワマスの年齢・体長組成

田中秀具・山中治・大江孝二

Age and Body-length composition of Biwa Salmon,  
*Oncorhynchus masou rhodurus* caught in Lake Biwa

Hidetomo Tanaka, Osamu Yamanaka and Koji Oe

キーワード：ビワマス、琵琶湖、標識放流、年齢、被鱗体長

ビワマス *Oncorhynchus masou rhodurus*<sup>1)</sup>は琵琶湖固有のサケ科魚類で、重要な水産資源である。

ゆえに、その増殖は明治時代から手がけられ、種苗放流については、1879年(明治12年)に滋賀県が「阪田郡上丹生宗谷川ノ邊リニ養魚場ヲ設ケテ」人工孵化放流の試験に着手したことや、1883年(明治16年)には高島郡有志の主唱により知内川、安曇川への孵化放流が行われたこと等の記録がある<sup>2)</sup>。その後、事業主体が替わったり、放流種苗が浮上後間もない稚魚から、施設の充実や飼育技術の進歩と共に、大型種苗になりつつ継続してきた<sup>3)</sup>。

滋賀県水産試験場が行った琵琶湖へのビワマスの標識放流<sup>4)</sup>は、1909年(明治42年)以来、1949年までに4回、その後の未発表のものを合わせると1981年までに7回実施されている。しかし標識放流後の追跡調査は、標識魚が再捕できなかったり、再捕できた場合でも、漁獲場所、漁法、体型等を記録するに留まり<sup>5)-8)</sup>、いわゆる放流効果に言及した報告はない。ただ、1923年の報告<sup>9)</sup>には1909年～1911年の標識放流再捕魚について成長が論じられている。

また、漁獲魚や遡河親魚の体型や年齢組成に関する研究も過去に実施されてはいる<sup>4)</sup>ものの、特定の河川に遡上した親魚を対象にした調査<sup>10)11)</sup>で、琵琶湖全体しかも漁獲魚まで論じた研究報告はびわ湖生物資源調査団による1報<sup>12)</sup>のみである。

筆者らは、1982年に放流効果、特に適正放流サイズの検討を主目的に標識放流を実施し、1983年から標識魚の回収調査とともに、1984年からは漁獲魚調査、回帰親魚調査を実施した。ところが諸般の事情から、1985年即ち、標識魚の3+までしか調査を継続できず、また標識魚の回収が不十分であったこと

もあって、本来の主目的であった標識放流による放流効果の検討に関しては、先例に漏れず十分な結果を得るに至らず、得られたデータは取りまとめられないまま種々の研修会や県主催の増殖事業関連会議の資料として利用されるに留まっていた。

本稿は、この調査を通じて得られたデータを、琵琶湖で獲られるビワマスの体長組成と年齢組成を明らかにする目的で解析し、その結果に過去の研究との比較等の考察を加えてとりまとめたものである。

報告するには、いささか時機を失した感はあるが、滋賀県では現在もビワマスの栽培漁業に取り組んでおり、本稿の内容が事業効果の判定、資源状況の比較のほか、本種の生態解明の参考になればとの考えから、ここに報告することとした。

### 材料および方法

**標識魚の放流** 標識魚放流の概要を表1に示す。標識放流用いた種苗は、滋賀県漁業協同組合連合会(以下、県漁連)が実施するビワマス増殖事業の放流種苗の一部である。すなわち1981年10月～11月に天然親魚から採卵され、翌年5月まで県漁連高島事業場で飼育された放流用種苗の一部を滋賀県水産試験場で預かり、放流直前まで飼育し、標識した0+齢種苗である。標識は脂鰭切除に加え、尻鰭、右腹鰭または左腹鰭を切除した。放流時の平均体重はそれぞれ8.0g、12.0g、20.0gであった。これらは放流効果の向上を狙った適正放流サイズの検討を目的としてサイズを変えて放流したものであるが、本研究ではこれらを区別せず一括して標識魚として取り扱う。なお、標識魚の放流数は20161尾であった。

表1. 1982年のビワマス標識放流

標識(切除鱗)	尾数	放流体重(g)	放流時期
脂鱗十尻鱗	8511	8.0	5月28日
脂鱗十右腹鱗	7000	12.0	8月24日
脂鱗十左腹鱗	4650	20.0	11月10日
合 計		20161	

※放流はいずれの種苗も竹生島付近に行った。

また、放流場所は図1に示すように、すべて竹生島付近の琵琶湖である。

**標識魚調査** 1983年～1985年に、漁業者や県漁連の採卵担当者等のビワマス漁業関係者に対して、標識放流試験に対する周知と、調査への協力依頼を行い、図1に示すビワマスが水揚げされる市場やその他採捕現場(図中：●，○，◆)にて発見された標識魚の被鱗体長(以下、体長と記す。)の測定と採鱗を行った。さらに、調査日以外に再捕された標識魚も必要に応じて買い上げ、測定等を行った。

**漁獲魚調査** 1984年と1985年に、漁獲魚の体長組成・年齢組成の解明を目的とし、標識魚の確認を兼ねて、琵琶湖で漁獲されるビワマスの市場調査を実施し、標識の確認、体長の測定と採鱗を行った。漁獲ビワマスの主たる漁法は刺網で、10月と11月を除いて周年操業可能であるが、調査は、主な漁期である夏期を中心に4月～9月に行った。調査場所を図1(図中：●)に示す。

**回帰親魚調査** 1984年と1985年の10月～11月に、天然成熟親魚の体長組成・年齢組成の解明と標識魚の確認を目的として、琵琶湖から河川に遡上、または遡上直前の接岸したビワマス(以降、回帰親魚と記す。)調査を実施した。具体的には、毎年県漁連が増殖事業のために実施している天然親魚の捕獲・採卵作業に同行し、標識の確認、体長の測定及び採鱗を行った。漁法は主に、河口の小型定置網、河川下流部のやな、および投網である。調査場所を図1(図中：○，▲)に示す。

**年齢査定** 本研究の調査魚については、全個体から年齢査定のための採鱗を行った。

採鱗は背鰭基底後端直下の側線より上(背側)の部位で行い、各個体から数枚採取した。これらの鱗はスライドグラス上でカナダバルサムに封入し、カバーガラスをかけてプレパラートとし、万能投影機で20または100倍に拡大して観察した。

年齢査定は鱗相の読みとりによったが、年齢決定の基準として標識放流魚の鱗相を利用した。すなわ



図1. 調査実施場所の位置

ち、標識魚調査により得られた1+～3+の年齢既知の標識魚(1981年12月孵化、1983～1985年再捕)の鱗を観察し、小林<sup>13)</sup>がサケ *Oncorhynchus keta* で検討し適用した方法を参考に、年齢表徴(鱗相)を確認し、それらの比較により、漁獲魚・回帰親魚の3+までの年齢確定とそれ以上の年齢の推定を行った。

## 結 果

### 標識魚に関する解析

**年齢と体長の関係** 1983年から1985年の調査期間中に、217尾の標識魚を確認した。

得られた標識魚全個体の鱗について年齢表徴を確認した。標識魚は月齢までの精度で年齢既知であるので、鱗相(成長帯、休止帯<sup>13)</sup>)を観察し、鱗紋中の年輪と偽年輪<sup>13)</sup>との区別について確認した。

**再捕時期と体長の関係** 図2に再捕年別に示す。それはそのまま標識魚の1+～3+の体長の様子を表している。図2に示すように、再捕時期と体長との間には、年齢別に直線関係が認められた。最小二乗法により回帰直線を求め、図2に併記し、各年の回帰係数を表2に示した。各年の回帰係数は表に示し

## 琵琶湖産ビワマスの年齢・体長組成

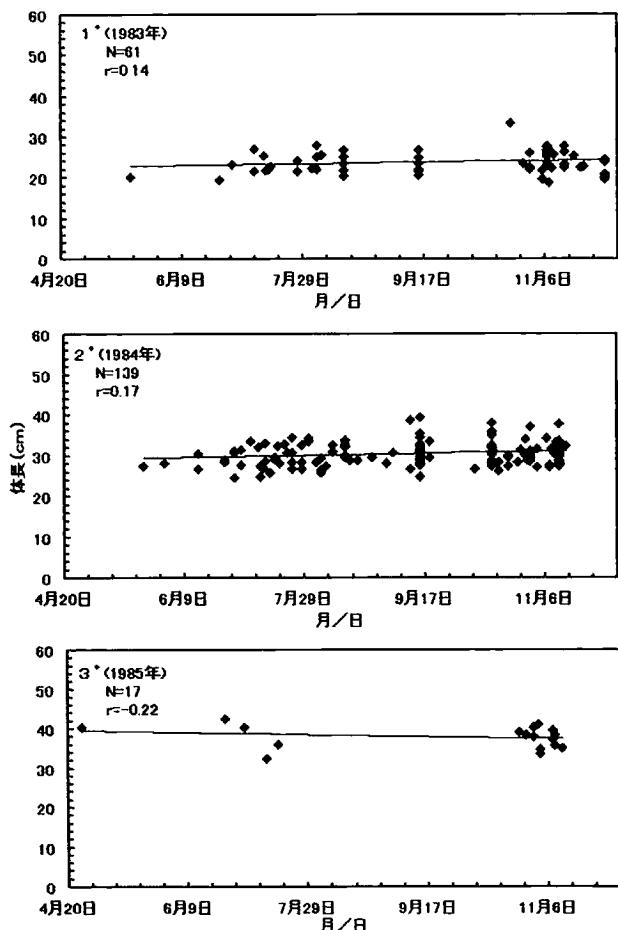


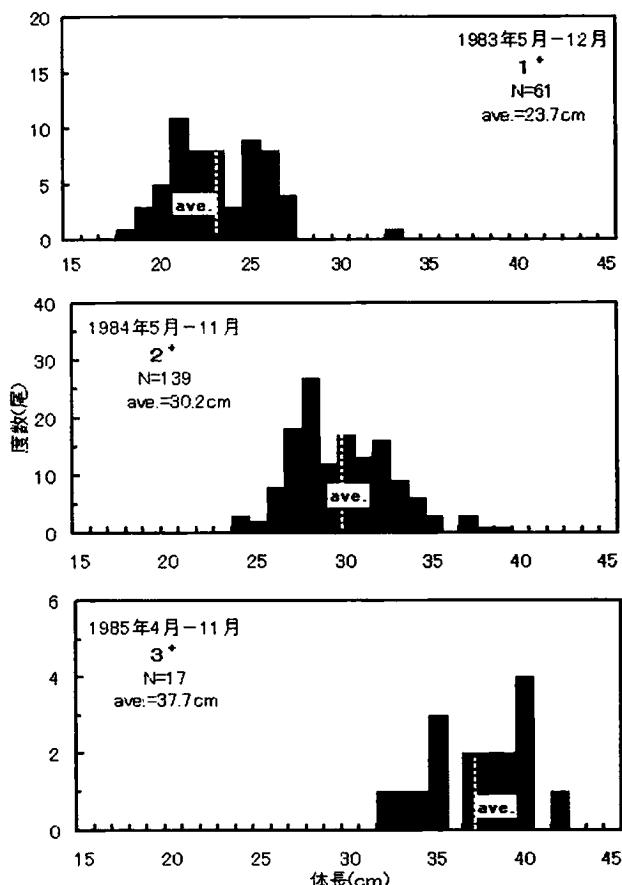
図 2. 標識魚の再捕時期と体長の関係

たように、いずれの年齢でも0に近い値で、単回帰分析により求めた99%信頼区間に0を含む。換言すれば、1983～1985年の各年の調査期間内(4月または5月～11月)においては、体長は再捕時期に関わらず、年齢毎に一定という結果となった。すなわち本来、時間の経過とともに成長することによって右上がりになるはずの再捕時期と体長との関係が、本研究の標本では再捕年毎に水平(一定)と判定できた。そこで本調査で再捕した標識魚は再捕の時期を考慮せずに年齢別に体長組成を求め、標識魚のその年齢における体長組成を表すものとして解析した。

表2. 標識魚の再捕時期-体長関係の回帰係数  
とその信頼区間

年齢	回帰係数	99%下限	99%上限
1+	0.00728	-0.01008	0.02464
2+	0.01048	-0.00294	0.02390
3+	-0.00985	-0.04235	0.02264

標識魚の年齢別体長組成 標識魚の再捕年毎、すなわち年齢毎の体長組成を図3に示す。



※図中ave.は平均を表す。  
図 3. 標識魚の再捕年毎の体長組成

図に明らかなように、年齢毎の体長組成はそれぞれ、概ね一峰型の分布を示し、各年齢の平均(土標準偏差)は1+が23.7( $\pm 2.7$ )cm、2+が30.2( $\pm 2.9$ )cm、3+が37.7( $\pm 2.9$ )cmで、年齢を追って大きくなった。また、各年齢の体長範囲は隣接年齢の平均値近くにも達し、年齢間で大幅な重なりがあった。以上のように標識魚によって、琵琶湖におけるビワマスの1+～3+の体長の成長が表わされた。

### 漁獲魚に関する解析

**漁獲時期と体長との関係** 1984年5月～9月と1985年4月～9月の漁獲魚調査によって1984年には543尾、1985年には618尾の体長と年齢のデータを得た。これらによって年齢・体長組成を検討する前に、標識魚調査と同じく、漁獲期間中(調査期間中)の成長の要素について検討をする。前述のとおり、標識魚標本では、再捕時期にかかわらず体長は年齢毎に一定と見なすことができたが、漁獲魚標本についても同様に検討をおこなった。各年齢魚の漁獲時期と体

長の関係を1984年は図4、1985年は図5に示す。両図に示すように、各年齢魚の漁獲時期と体長との間に、標識魚と同じく直線関係が認められた。

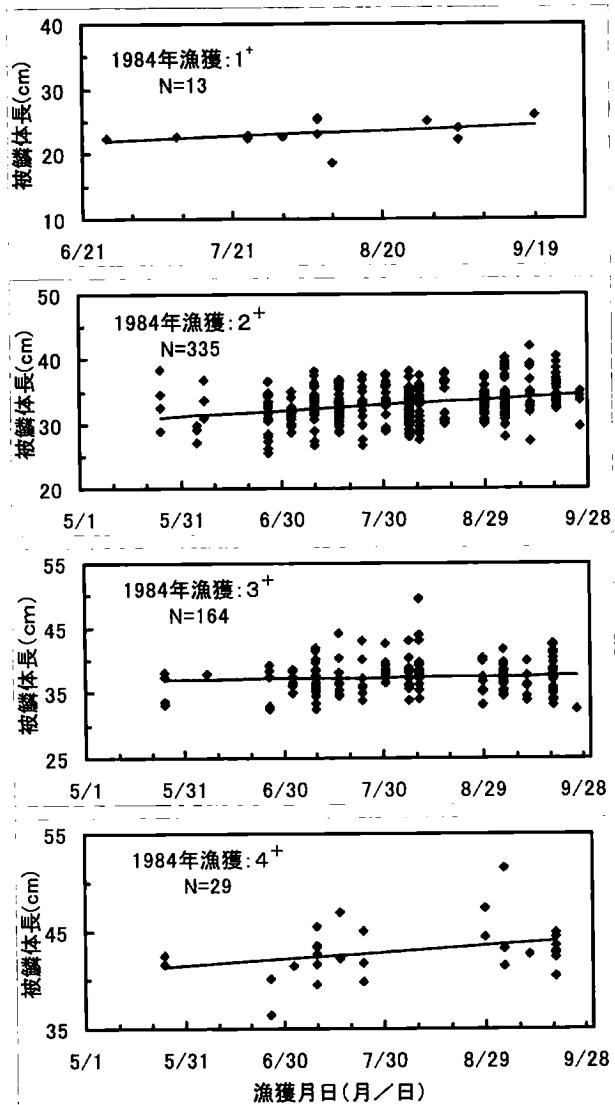


図4. 漁獲時期と体長との関係(1984年)

最小二乗法により回帰直線を求めて両図に併記し、各直線の回帰係数をその99%信頼限界を付して表3に示した。表に明らかなように多くの回帰係数は、その99%信頼区間内に0を含み、また0を含まない場合

表3. 漁獲魚調査における漁獲時期-体長関係の回帰係数とその信頼区間

調査年	年齢	回帰係数	99%下限	99%上限
1984年	1 <sup>+</sup>	0.02887	-0.04141	0.09915
	2 <sup>+</sup>	0.02859	0.01481	0.04238
	3 <sup>+</sup>	0.00512	-0.01240	0.02264
	4 <sup>+</sup>	0.02394	-0.01364	0.06151
	1 <sup>+</sup>	0.07245	0.04531	0.09960
1985年	2 <sup>+</sup>	0.01287	0.00279	0.02295
	3 <sup>+</sup>	0.00188	-0.00907	0.01283
	4 <sup>+</sup>	0.02284	-0.00321	0.04889
	5 <sup>+</sup>	0.06880	-0.21532	0.35292

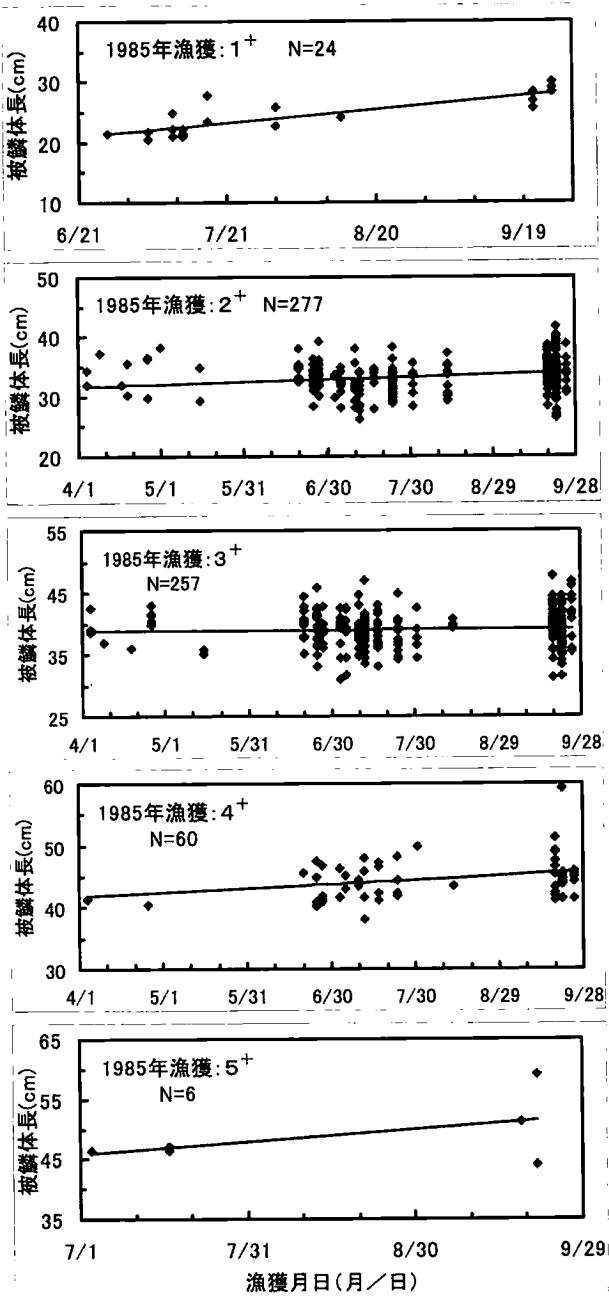
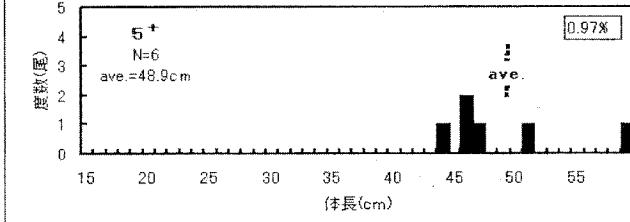
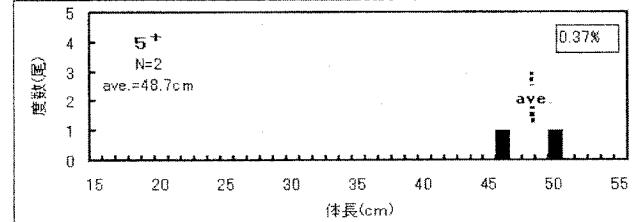
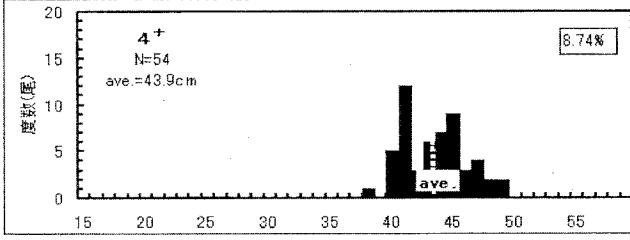
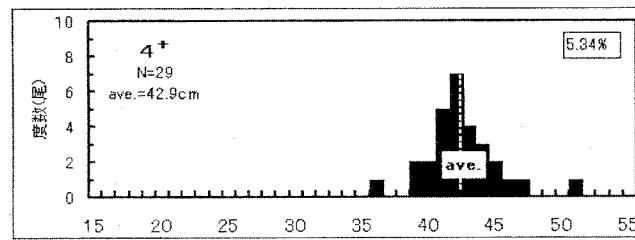
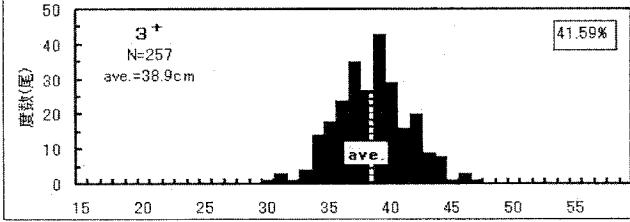
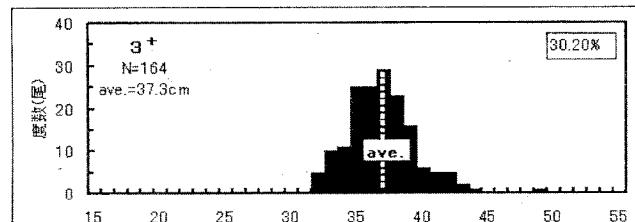
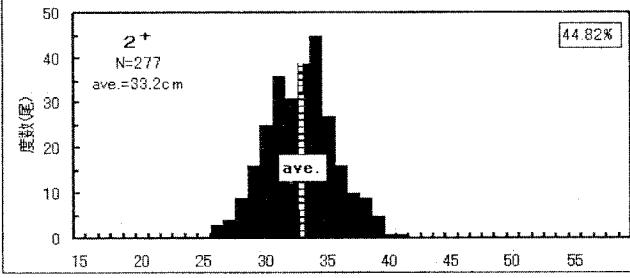
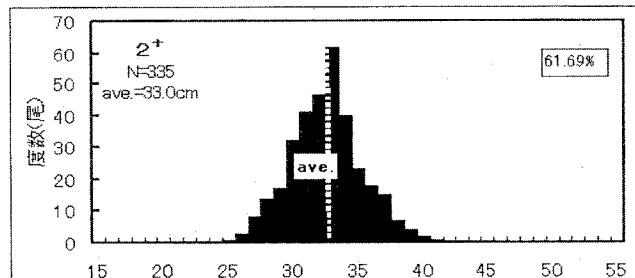
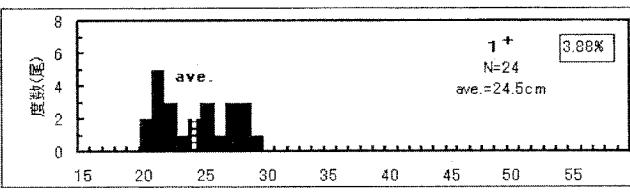
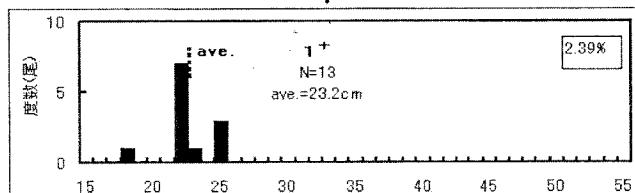
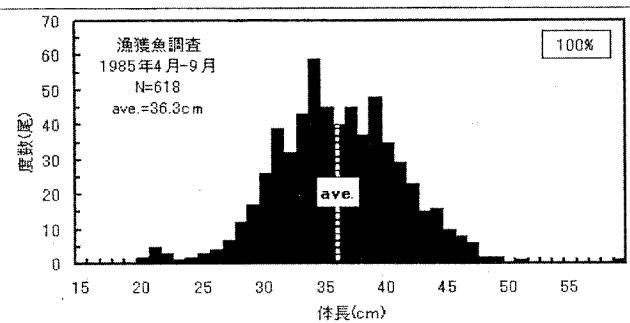
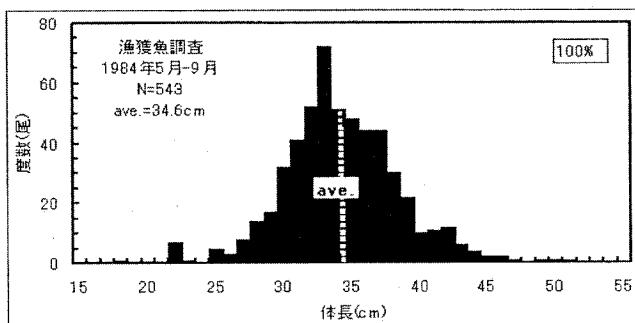


図5. 漁獲時期と体長との関係(1985年)

であっても0に近い値を示した。そこで、漁獲魚調査の体長データについても標識魚調査と同じく、期間内の成長は考慮せずに解析できるものとした。すなわち、漁獲時期を考慮せずに求めた年齢別の体長組成が、そのまま漁獲魚の年齢別体長組成を表すものとして解析した。

**漁獲魚の年齢と体長** 漁獲魚の体長組成、および年齢別に分けた体長組成を1984年は図6、1985年は図7に示した。また両図中には漁獲魚の平均体長、

## 琵琶湖産ビワマスの年齢・体長組成



※図中ave.は平均を表す。

図 6. 1984年5~9月の漁獲魚の年齢・体長組成

年齢別平均体長および年齢組成(漁獲魚の年齢別割合)を併記した。

漁獲魚の両年の平均体長は1984年が34.6cm、1985

※図中ave.は平均を表す。

図 7. 1985年4~9月の漁獲魚の年齢・体長組成

年が36.3cmであった。体長組成は平均値を中心とした一峰型、体長範囲は1984年が、18.6cm~51.5cm、1985年が、20.5cm~59.0cmであった。以上のように

表4. 漁獲魚の年齢別平均体長

調査年	年齢	(単位: cm)				
		1 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	5 <sup>+</sup>
1984年	平均体長	23.17	32.97	37.25	42.88	48.70
	95%信頼上限	22.01	32.67	36.85	41.82	※)
	95%信頼下限	24.33	33.27	37.65	43.94	※)
1985年	平均体長	24.52	33.20	38.87	43.87	48.92
	95%信頼上限	23.23	32.87	38.51	43.14	43.21
	95%信頼下限	25.80	33.53	39.24	44.60	54.63

※) 1984年の5<sup>+</sup>は2尾であり、信頼区間は求められない。

平均体長も体長範囲も1985年がやや大きい傾向はあるが、両年類似した体長分布であった。また漁獲魚の年齢の範囲は、両年とも1<sup>+</sup>～5<sup>+</sup>の間にあった。

**年齢組成** 各調査年の漁獲魚の年齢組成は、図6、図7にも記す(各図中右上の囲い数字、%)が、1984年、1985年の順に、1<sup>+</sup>が2.39%, 3.88%, 2<sup>+</sup>が61.69%, 44.82%, 3<sup>+</sup>が30.20%, 41.59%, 4<sup>+</sup>が5.34%, 8.74%, 5<sup>+</sup>が0.37%, 0.97%であった。

以上のように、漁獲魚の年齢組成は、2ヶ年について大きな違いではなく、組成に占める各年齢の割合は少ない方から5<sup>+</sup>が1%未満、1<sup>+</sup>が5%未満、4<sup>+</sup>が5～10%程度、3<sup>+</sup>が30～40%程度、2<sup>+</sup>が45～60%であった。即ち、漁獲魚の主体は2<sup>+</sup>と3<sup>+</sup>で、これらが合わせて約9割を占めるというのが両年を通じての傾向であった。

**年齢別の体長** 漁獲魚の年齢別の体長組成と平均体長を、調査年別に図6、図7に示すと共に、平均体長については表4に95%信頼区間を付して示す。

漁獲魚の年齢別の平均体長は、1984年、1985年の順に1<sup>+</sup>が23.2cm, 24.5cm, 2<sup>+</sup>が33.0cm, 33.2cm, 3<sup>+</sup>が37.3cm, 38.9cm, 4<sup>+</sup>が42.9cm, 43.9cm, 5<sup>+</sup>が48.7cm, 48.9cmで年齢とともに大きくなつた。年齢別の体長組成は概ね、平均値を中心とする1峰型であったが、年齢別の体長分布の範囲は隣接年齢と相互に大きく重なっていた。

両年を比較すると、年齢毎の体長範囲は類似していた。年齢別の平均体長は表4に示すように1<sup>+</sup>、2<sup>+</sup>、および4<sup>+</sup>は、両年の平均体長の95%信頼区間が重なり合つた。5<sup>+</sup>は1984年が2個体で、信頼区間が求められないものの、その平均値は1985年の5<sup>+</sup>の平均体長の95%信頼区間内にあつた。3<sup>+</sup>では有意差(5%水準)があるものの、それはごくわずかであった。

以上のように、全体的には漁獲魚の年齢毎の体長は調査年間に大きな差異は見られなかつた。

## 回帰親魚に関する解析

**年齢組成・体長組成** 1984年10月～11月と1985年10月～11月の回帰親魚調査によって、1984年は451尾、1985年は211尾の体長と年齢のデータを得た。それらから求めた回帰親魚の体長組成、年齢組成および年齢別体長組成を1984年は図8に、1985年は図9に示す。なお、回帰親魚調査は漁獲魚調査と異なり(1)期間が2ヶ月以内と短かい事、(2)対象が成熟魚である事、の2点から採捕期間内の成長については検討しなかつた。

回帰親魚の平均体長は、1984年が38.3cm、1985年が39.2cmで、1985年の方が若干大きかつた。回帰親魚の体長組成は、1984年は平均値を中心とした一峰型であり、1985年も1984年に比し凸凹は大きいものの、概ね一峰型であった。回帰親魚の体長範囲についても1984年が24.6cm～51.2cm、1985年が24.6cm～51.7cmと両年ほぼ一致していた。以上のように、両年の体長組成は類似していた。

なお、回帰親魚の年齢の範囲は、両調査年とも漁獲魚と同じく1<sup>+</sup>～5<sup>+</sup>であった。

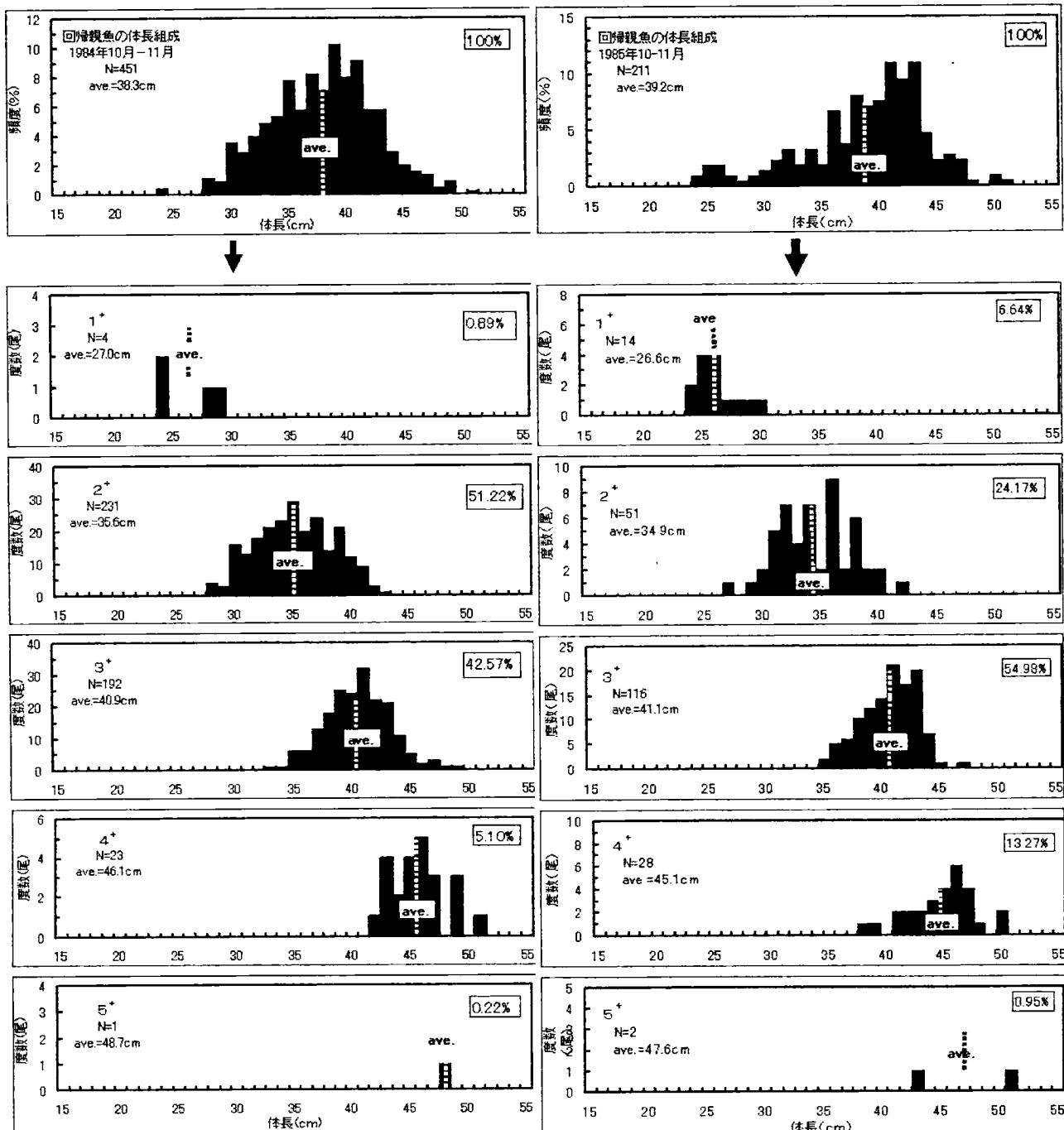
各調査年の回帰親魚の年齢組成は、図8、図9にも記す(各図中右上の囲い数字、%)が、1984年、1985年の順に、1<sup>+</sup>が0.89%, 6.64%, 2<sup>+</sup>が51.22%, 24.17%, 3<sup>+</sup>が42.57%, 54.98%, 4<sup>+</sup>が5.10%, 13.27%, 5<sup>+</sup>が0.22%, 0.95%であった。回帰親魚の年齢組成を2ヶ年についてまとめると、組成の少ない方から5<sup>+</sup>が1%未満、1<sup>+</sup>が1～7%程度、4<sup>+</sup>が5～13%程度、2<sup>+</sup>が25～50%、3<sup>+</sup>が40～50%程度であった。

従つて、回帰親魚の年齢組成の主体は、2<sup>+</sup>と3<sup>+</sup>で、これらが合わせて8割から9割を占めるというものが両年を通じての傾向であり、この傾向は漁獲魚とも類似していた。

年齢別の体長組成は1984年は図8に、1985年は図9に示す。また年齢別の平均体長は両図に併記すると共に、表5には95%信頼限界を添えて示す。

回帰親魚の年齢別の平均体長は、1984年、1985年

琵琶湖産ビワマスの年齢・体長組成



※) 図中 ave. は平均を表す。

図 8. 1984年10~11月の回帰親魚の年齢・体長組成

の順に、 $1^+$ が27.0cm, 26.6cm、 $2^+$ が35.6cm, 34.9cm、 $3^+$ が40.9cm, 41.1cm、 $4^+$ が46.1cm, 45.1cm、 $5^+$ が48.7cm, 47.6cmで年齢とともに大きくなった。年齢別の体長組成は、漁獲魚と同様の様相を示した。即ち、概ね平均値を中心とする一峰型で、体長分布の範囲は隣接年齢と相互に大きく重なっていた。これらの傾向は両調査年間で類似していた。

※) 図中 ave. は平均を表す。

図 9. 1985年10~11月の回帰親魚の年齢・体長組成

年齢別の平均体長を両年について比較すると表5に示すように、 $1^+$ ～ $4^+$ については平均体長の95%信頼区間が重なり合った。また $5^+$ については1984年が1尾、1985年が2尾であった為、信頼区間は求められないが、1984年の1尾の体長は1985年の2尾の中間の体長であった。即ち、年齢毎の平均体長は両年間に差はなかった。

以上のように、回帰親魚の年齢組成や体長組成、年齢別体長には調査年間に違いは見られなかった。

**回帰親魚の性差** 回帰親魚の性別の年齢組成を、1984年は表6に、1985年は表7に示す。

1984年については、最も多いのは雌雄とも $2^+$ で、雄が48.72%、雌が52.10%となり、次に $3^+$ が多くて、雄41.88%、雌42.81%となって、雌雄とも両年齢を合わせると約9割を占めた。

1985年をみると、雄は $2^+$ が36.59%、 $3^+$ が37.80%で、 $2^+$ と $3^+$ を合わせて7割以上を占めた。また、雌は $3^+$ が65.89%、次いで $2^+$ が16.28%となった。すなわち雌も雄と同じく $2^+$ と $3^+$ を合わせて7割以上を占めた。

雌雄の差異は $1^+$ の割合にみられ、両調査年とも雄の方が比率が高かった。

調査年間で比較すると、雄は1984年が1985年に比し $2^+$ と $3^+$ の割合が高く、1985年はその低い分だけ $1^+$ と $4^+$ に分散し、特に $1^+$ の割合が高かった。一方、

雌は1984年には $2^+$ が最も多かったのに対し、1985年には $3^+$ が最も多かった。

以上のことから、回帰親魚の年齢組成を2ヶ年を通じてまとめると次のようになる。

回帰親魚の年齢組成を性別にみると、年により変動はあるものの雄雄とともに $2^+$ と $3^+$ が主で、それらを合わせると全体の7割から9割を占めた。雌雄間の比較では、 $1^+$ の比率において雄の方が若齢で成熟の傾向がわずかにみられたが、年齢組成の性差は大きくなかった。

次に、性別・年齢別の平均体長を1984年は表8に、1985年は表9に示す。1984年の年齢別体長を雌雄間で比較すると両性が揃って出現する年齢 $1^+ \sim 4^+$ の平均体長の95%信頼区間は重なり合った。1985年の年齢別体長を雌雄間で比較すると、両性が揃って出現する $1^+ \sim 4^+$ の平均体長の95%信頼区間は $3^+$ を除いて重なり合い、95%信頼区間で有意差のあった $3^+$ も、99%信頼区間では差がなかった。

表5. 回帰親魚の年齢別平均体長

調査年	年齢	(単位: cm)				
		$1^+$	$2^+$	$3^+$	$4^+$	$5^+$
1984年	平均体長	26.98	35.61	40.90	46.07	48.70
	95%信頼上限	22.65	35.18	40.50	45.06	—
	95%信頼下限	31.30	36.04	41.29	47.08	—
1985年	平均体長	26.64	34.94	41.07	45.13	47.60
	95%信頼上限	25.65	34.04	40.64	44.02	—
	95%信頼下限	27.62	35.85	41.50	46.24	—

(※) 1984年の $5^+$ は1尾、1985年の $5^+$ は2尾であり、信頼区間は求められない。

表6. 1984年回帰親魚の性別年齢比率

年齢	$1^+$	$2^+$	$3^+$	$4^+$	$5^+$	合計(尾数)
雄	2.56%	48.72%	41.88%	5.98%	0.86%	100%(117尾)
雌	0.30%	52.10%	42.81%	4.79%	0%	100%(334尾)

表7. 1985年回帰親魚の性別年齢比率

年齢	$1^+$	$2^+$	$3^+$	$4^+$	$5^+$	合計(尾数)
雄	13.41%	36.59%	37.80%	12.20%	0%	100%(82尾)
雌	2.33%	16.28%	65.89%	13.95%	1.55%	100%(129尾)

表8. 1984年回帰親魚の性別・年齢別平均体長

年齢	(単位: cm)					
	$1^+$	$2^+$	$3^+$	$4^+$	$5^+$	
雄	平均体長	26.37	35.65	41.57	46.16	48.70
	95%信頼上限	18.98	34.77	40.77	43.92	—
	95%信頼下限	33.75	36.53	42.38	48.40	—
雌	平均体長	28.80	35.59	40.67	46.04	—
	95%信頼上限	—	35.09	40.21	44.77	—
	95%信頼下限	—	36.09	41.12	47.31	—

表9. 1985年回帰親魚の性別・年齢別平均体長

年齢	(単位: cm)					
	$1^+$	$2^+$	$3^+$	$4^+$	$5^+$	
雄	平均体長	26.15	34.33	39.92	45.15	—
	95%信頼上限	25.21	33.18	39.09(38.80)	42.99	—
	95%信頼下限	27.10	35.48	40.75(41.05)	47.31	—
雌	平均体長	28.40	35.82	41.48	45.1	47.6
	95%信頼上限	24.05	34.32	41.00(40.85)	43.69	—
	95%信頼下限	32.75	37.33	41.96(42.12)	46.55	—

(※)  $3^+$ の信頼限界の欄の( )内は、99%信頼限界値を示す。

以上のように、回帰親魚の年齢毎の体長は全体的には雌雄差はなかった。

## 考 察

**年齢別体長組成と成長** 本研究ではビワマスの年齢別体長組成を求める場合、調査が10~11月の短期間で、かつ成熟魚が対象の回帰親魚調査は別として、採捕時期-体長関係は、本来なら成長することで右上がりになるはずで、それを考慮する必要がある。ところが、採捕時期-体長関係が、いずれの調査年・年齢においても右上がりでないものと判断できた為、成長を考慮せずに年齢別に体長組成を求めた。すなわち、本研究の各調査で採捕した魚の年齢毎の体長は、その年齢の体長の特徴を示すものとして一括して解析した。このことについて考察する。図2、図4、図5で明らかなように、採捕時期の近い個体どおしを比較しても、同一年齢の個体間の体長のバラツキが大きく、その為に成長が個体差の中に埋没している事も考えられる。さらに、体長組成に影響しうる要因がもう1つ考えられる。それは漁獲魚調査における測定魚の殆どが刺網漁獲魚であったため、体長範囲が漁具の網目によって制限を受けていた可能性に対する懸念である。これに関しては後述する。

**標識魚について** 本研究では1982年に放流サイズ・時期の異なる3種類の標識魚(いずれも1981年12月孵化)を放流し、1985年まで回収調査を行った。サイズの差による放流効果の推定は回収調査が3+までしかできなかつこと、再捕数が標識別の検討に耐えるほど多くなかったことから検討できない。その為、年齢査定の基準としての意義にとどまった。しかし、それと併せて年齢の明確な(即ち、推定ではない)魚の琵琶湖における成長、成熟のようすが、3+までながら明らかにできたという意義はあったといえる。

標識魚とそれを基に年齢推定した漁獲魚、回帰親魚の年齢別体長組成を3+までについて比較すると、各年齢の体長範囲は、標識魚と漁獲魚や回帰親魚とでは矛盾しないものとなっていることから、標識魚を基準とした本研究の年齢査定は、概ね妥当であったと思われる。

なお標識魚の年齢別平均体長は、漁獲魚との比較では1+、3+は1984年、1985年の平均体長の95%信頼

区間に内にあったが、2+のみは標識魚が明らかに小さかった。また、回帰親魚との比較(図2,3と図8,9)では2+と3+では標識魚が小さい。また、標識魚の年齢毎の再捕数(図2,3)は回収努力が年毎に一定ではないものの、2+が多いのは明らかで、次いで1+が多く、3+は非常に少ない。さらに成熟期に限ってみても3+の12尾に対して、1+は28尾、2+は58尾で、若齢魚に偏った再捕となった。これらの理由は不明であるが、標識魚の放流時期や放流サイズが琵琶湖のビワマス本来の生活史との間に微妙なずれを生じさせ、それが影響したのかもしれない。

**漁獲魚と回帰親魚の年齢・体長比較** 漁獲魚と回帰親魚について年齢別平均体長を比較する。

1+では1984年、1985年とも回帰親魚の方が漁獲魚より若干大きい傾向はあるが、平均体長の95%信頼区間が重なる。2+~4+では回帰親魚の方が平均体長は明らかに大きい。両者の平均体長にみられる差を検討するために、1+~4+の体長組成範囲を比較(図6対図8、及び図7対図9)すると、大きな差ではないが、漁獲魚の方が各年齢の体長範囲が小個体側へ拡がって分布する傾向にあり、その為に各年齢の体長分布の中心が相対的に小さい方に偏在する。

以上のことから、回帰親魚と漁獲魚の間の同年齢間の平均体長の差は、各年齢の漁獲魚に、その年齢としては小型であって、その年には成熟しない、即ち回帰親魚には含まれない個体がいることによる差であると思われる。

また、年齢組成は、漁獲魚も回帰親魚もともに主体は2+と3+で、この2齢を合わせると漁獲魚では9割、親魚では8~9割を占め、両者同じ傾向であった。

ところで、前述のように漁獲魚調査は殆どが刺網による漁獲魚であったため、漁獲魚の体長範囲は網目の大きさによって制限を受けている可能性があり、従って年齢組成にも影響を受けている可能性はある。一方、回帰親魚は定置網、投網等による採捕が主体であり、漁具・漁法が体長組成・年齢組成に制限を加える要因は無いものと思われる。そして上記のように、年齢組成については、漁獲魚と回帰親魚では同じ傾向であり、年齢別体長組成にみられた両者の差は、他の理由により説明づけることができた。即ち、年齢組成・年齢別体長組成は漁獲魚と回帰親魚の間に説明できない程の差はないといえる。このことは、漁獲魚調査から得た年齢・体長組成に

関する結果に対して、 $1^+$ 魚のうち、その年の秋に成熟できない小型魚、それは概ね漁獲対象外の小型魚に相当すると思われるが、これが除外された可能性はあるものの、それ以外については漁具の選択性の影響がなかった事を示唆する。

### 過去の研究との比較

本研究の結果を、過去に行われた琵琶湖におけるビワマスの年齢組成・体長組成に関する調査結果と比較・検討する。なお、比較の対象としたそれぞれの調査は目的や方法、実施主体等が相違し、調査の精度や表現等も様々であるが、各調査報告の年齢組成や体長組成に関する記載内容は、基本的には各調査実施時のビワマスを代表しているものとして検討する。

**1910年頃との比較** 明治43年(1910年)～大正4年(1915年)に滋賀県水産試験場は標識放流調査<sup>5)-9)</sup>を実施している。なお、以下に述べるように、当時のデータ数が非常に少なく、それらがその頃のビワマスを代表するものかどうかについて疑問はあるが、比較を試みる。

再捕された記録から重複等不確実データを除いた36尾の体長から、年齢別平均体長(個体数)を求め、単位を“cm”に変換すると、 $1^+$ が37.9cm(2尾)、 $2^+$ が38.9cm(14尾)、 $3^+$ が41.1cm(13尾)、 $4^+$ が42.5cm(6尾)、 $5^+$ が48.5cm(1尾)となる。ここで、当時の体長は何を指すのであろうか。これが標準体長あるいは被鱗体長を意味するとすると、同報に記載されているそれらの体重が琵琶湖産ビワマスの体重－体長関係(田中,未発表)に照合すると少ない。一方、当時の別報<sup>9)</sup>には、上記の標識放流試験の再捕魚の体長が「體全長」と表記されている。すなわち、体重との関係から、これら体長あるいは體全長を全長と解釈した方が妥当と思われる。そこで上記の数値を全長として被鱗体長に換算(田中,未発表の全長－被鱗体長関係式による.)すると、 $1^+$ ～ $5^+$ の順に、34.4cm, 35.3cm, 37.4cm, 38.7cm, 44.2cmとなる。当時の再捕魚は秋季が多いので、本研究の回帰親魚の被鱗体長と比較すると、 $1^+$ ,  $2^+$ の若齢魚が大きく、 $3^+$ で同程度の大きさで、逆に $4^+$ では小さい傾向がみられる。これらのことから、筆者らの上記の解釈が許される事を前提として、当時は若齢での成長が良く、成長の良い個体が若齢で成熟し、成長の良く

ない個体のみが高齢魚となる傾向が本研究実施時よりも強かったことが推察される。ところで、当時の年齢組成は、琵琶湖水産調査報告<sup>2)</sup>には「成熟期ニ入ルハ早キハ生後三年ノモノアルモ多クハ四年、五年ヲ経タルモノニシテ…」という記述がある。当時は数え年方式の記述であることと、放流と再捕の時期が記録<sup>2), 5)-9)</sup>により明らかであることから、ここにいう「三年ノモノ」や、「四年、五年ヲ経タルモノ」はそれぞれ、本研究の $1^+$ ,  $2^+$ ,  $3^+$ に相当し、本記述は当時の親魚の多くが $2^+$ と $3^+$ と述べていることになり、これは本研究と一致する。

以上のことから、1910年頃のビワマスとの比較——それは少数標本との比較ではあるが——では、本研究の結果は年齢組成は $1^+$ ～ $5^+$ が存在することと、 $2^+$ 、 $3^+$ が主体をなすということでは一致し、年齢別の体長は若干特徴を異にする可能性はあるものの、概ね矛盾しないといえる。

**1950年頃との比較** 末富ら<sup>11)</sup>は、1950年の産卵期に、姉川に遡上した親魚の年齢・体長組成を調査し、「遡河する親魚は4年魚と5年魚が主で全体の8割を占めて居る。」と述べている。

ここでいわれている4年魚、5年魚は、同報告<sup>11)</sup>の年齢査定の記述内容から、本研究の $3^+$ ,  $4^+$ に相当すると思われる。したがって、上記の内容は「遡河親魚は $3^+$ と $4^+$ が主で全体の8割を占める。」ということになり、本研究の回帰親魚の年齢組成(主体は $2^+$ と $3^+$ で、この2齢を合わせると8～9割を占める。)と比較して主体が1年高齢側にずれることになる。また同報告<sup>11)</sup>中の年齢別体長の度数分布表から求めた各年齢の平均体長は、3年魚( $2^+$ )～6年魚( $5^+$ )の順に37.5cm, 42.5cm, 45.6cm, 46.0cmである。なお、末富ら<sup>11)</sup>の体長は本研究と同じく被鱗体長である。この平均体長には度数分布表を基に求めたことによる階級幅の誤差(1cm以内)があることを前提に本研究の平均体長と比較すると、 $2^+$ 、 $3^+$ の若齢魚は本研究のものより大きく、特に $2^+$ でその差が顕著である。しかし、 $4^+$ 以降はほぼ同じであり、年齢別体長範囲は類似している。親魚の年齢・体長組成で最も異なるのは $1^+$ の親魚がいないこと、および体長33cm以下の親魚がいないことである。この理由を若齢親魚( $2^+$ ,  $3^+$ )が本研究のものより大きいことと合わせて次のように推察する。1950年頃のビワマスの成長が全体的に良くない、特に若齢魚ほどその

傾向が強く、 $1^+$ までの成長が良くないことで、本研究の場合には成熟していた $1^+$ 魚が成熟できず、それらが $2^+$ で成熟することになって、 $2^+$ の体型が大きいということになる。さらに、 $1^+$ と同様、 $2^+$ で成長が良くないことによって本研究の場合には成熟していた $2^+$ 魚が成熟できずに、翌年 $3^+$ で大型魚になって成熟することになるのではないか。そしてこれらが重なって年齢組成も1年大きい方へずれたのではないだろうか。

なお、この推察の前提となる成長が良くないことの理由は不明である。また、末富ら<sup>11)</sup>はこの姉川の遡上親魚のデータから、「琵琶湖のビワマス資源」を論じているので、ここでもその様に取り扱い検討したが、末富ら<sup>11)</sup>の結果が姉川遡上魚に固有の特徴を表している可能性も残される。

以上のことから、1950年頃のビワマス回帰親魚との比較についてまとめると、年齢組成は主体が1年高齢側に偏る。年齢別の体長は、若齢魚がやや大きく、高齢魚はほぼ等しいということになり、本研究とは差異がある。しかしこれらの差異は本研究の結果と矛盾なく説明することが可能といえる。

**1960年代との比較** びわ湖生物資源調査団<sup>12)</sup>は、1963年と1964年にビワマスの漁獲魚と産卵親魚の調査を行い、漁獲魚の年齢組成は「大部分(60%以上)が $2^+$ で残りが $3^+$ である。 $1^+$ と $4^+$ は殆どとられていない。」また、産卵群の年齢組成は「 $2^+$ から $5^+$ までで、♂では $2^+$ と $3^+$ が、♀では $3^+$ と $4^+$ が主体をなしており、 $5^+$ のものは非常に少ない。」と記している。これらについて本研究の結果と比較する。

本研究では、漁獲魚の年齢は主体が $2^+$ と $3^+$ で、これらを合わせて約9割を占めるという結果で、特に1984年の組成は $2^+$ が61.69%、 $3^+$ が30.20%と、上記のびわ湖生物資源調査団の記述と一致する。

一方、回帰親魚の年齢については、びわ湖生物資源調査団の報告書<sup>12)</sup>では「♂では $2^+$ と $3^+$ が、♀では $3^+$ と $4^+$ が主体」と記述されている。しかし同報告<sup>12)</sup>の添付図では、1963年は雄は $1^+$ と $2^+$ 、雌は $2^+$ が主体、1964年は雄は $2^+$ 、雌は $2^+$ と $3^+$ が主体と読みとる事ができ、これらの体長範囲は後述するように、本研究の同年齢の体長範囲と矛盾なく一致している。従って添付図との整合性から、上記の記述は「♂では2年魚( $1^+$ )と3年魚( $2^+$ )が、♀では3年魚( $2^+$ )と4年魚( $3^+$ )が主体」を意味すると解すること

ができる。雄の方が若齢で成熟する傾向は「 $1^+$ の比率において雄の方が若齢で成熟の傾向がわずかにみられた」とした本研究の結果と一致する。しかし、回帰親魚の年齢組成については、本研究で雌雄とも $2^+$ と $3^+$ が主体であったことと比較すると、雄の $1^+$ 親魚の割合の高さ、 $3^+$ 親魚の割合の低さ等から、当時の方が、若齢で成熟する割合が高い傾向があつたものと推察される。

次に、年齢別の体長について比較する。びわ湖生物資源調査団による1963, 1964両年の夏漁獲魚の年齢別体長度数分布図<sup>12)</sup>から体長(標準体長)を読み取り、被鱗体長に換算(田中,未発表の標準体長—被鱗体長関係式による。)して求めた年齢別平均体長は、 $1^+$ ～ $4^+$ の順に、24.3cm, 33.8cm, 38.2cm, 47.6cmであった。この体長値には度数分布図からの読み取り数値を基に求めたことによる階級幅の誤差(1cm以内)や被鱗体長に換算することで生じる誤差が内包されることを前提に、本研究の年齢別平均体長の95%信頼区間を比較すると、 $1^+$ は両年の信頼区間内、 $2^+$ は両年の信頼区間外ながら許容誤差範囲内(1cm以内)、 $3^+$ は両調査年の信頼区間に挟まれた値、 $4^+$ は本研究の $4^+$ の信頼区間より大きい値であるが、この値は2尾によるもので、ともに本研究の $4^+$ の体長範囲内にある。以上のことから、本研究の漁獲魚の年齢別の体長は1960年代との間に大きな違いはないといえる。次に漁獲魚と同様の方法で求めた1963、1964両年の回帰親魚の年齢別平均被鱗体長は、 $1^+$ ～ $4^+$ の順に25.2cm, 34.2cm, 40.7cm, 46.7cmであった。この体長の値を漁獲魚と同様に、本研究の年齢別平均体長の95%信頼区間と比較すると、 $1^+$ 、 $2^+$ は1985年の信頼区間内、 $3^+$ は1984、1985両年の信頼区間内、 $4^+$ は1984年の信頼区間内の値である。よって、回帰親魚についても年齢別体長には1960年代との間に違いはないといえる。

以上のことから、本研究で得られた琵琶湖におけるビワマスの年齢組成と年齢別の体長組成は、1960年代と大きな違いないと結論づけられる

ここまで、本研究で得られたビワマスの年齢組成・体長組成について過去の研究との比較を試みてきた。それらを総括すると次のようになる。

年齢組成については、1950年頃の遡上親魚だけが1年高齢側にずれるが、その他は漁獲魚、回帰親魚

とも概ね一致する。

また年齢別の体長組成は、1910年頃は若齢魚が大きい傾向があり、1950年頃も $1^+$ は不明ながらも $2^+$ ,  $3^+$ はやや大きい傾向がみられ、1960年代は本研究とほぼ一致するということになる。

このように、ビワマスの年齢組成や年齢別の体長組成は、全体的には時代を通じて一致する所が多く、多少の差異についても、相互の結果が矛盾なく説明が可能であり、本研究の結果もこれら過去の調査と矛盾しないものであるといえる。

### 謝　　辞

本研究を実施するにあたり、増殖事業のためのビワマス放流用種苗の滋賀県水産試験場での種苗育成と鱗切り標識を許諾して頂いた滋賀県漁業協同組合連合会(以下、県漁連)に対しお礼を申し上げる。

また、標識魚の回収および漁獲魚の測定に際しては朝日漁業協同組合、南浜漁業協同組合、沖島漁業協同組合をはじめとする琵琶湖周辺の漁業協同組合の漁業者、市場職員の方々には多大なる御協力を願った。回帰親魚調査に際しては、県漁連の採卵関係者の御協力を得た。

ここに深甚なる感謝の意を表す。

### 摘　　要

- 1) 1982年に琵琶湖へ放流したビワマス標識魚の回収調査を1983年～1985年に実施し、年齢ごとの体長を求め、併せて鱗による年齢表徴の確認を行った。
- 2) それを参考として、1984年と1985年の漁獲魚と回帰親魚について、体長測定と鱗による年齢査定の調査を行い、琵琶湖産ビワマスの年齢組成と年齢別体長組成を求めた。
- 3) その結果、琵琶湖におけるビワマスの年齢組成は、両年において漁獲魚、回帰親魚ともに $1^+ \sim 5^+$ で構成されていたが、そのうち $2^+$ と $3^+$ が主体をなした。
- 4) 年齢別の体長組成も、調査年間には大きな違いはなかった。また、漁獲魚、回帰親魚ともに隣接年

齢間で体長範囲が大きく重なりあいながら、年齢を経て大きくなる成長の様相を示した

- 5) 本研究で求めた琵琶湖におけるビワマスの年齢組成、体長組成および年齢別の体長組成は、1910年以降に行われたいくつかのビワマスの体長や年齢の組成に関する研究報告や記録と照合して、矛盾のないものであった。

### 文　　献

- 1) 荒賀忠一(1985)：サクラマス群の学名・和名について、「日本産魚類大図鑑」(益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝弥・吉野哲史 編), 38, 東海大学出版会, 東京。
- 2) 滋賀県水産試験場(1915)：ます.琵琶湖水産調査報告, 第3巻, 40-49.
- 3) 古川優(1976)：琵琶湖における魚貝類の増養殖.新版つくる漁業, (資源協会 編著), 510-521, 農林統計協会, 東京。
- 4) 滋賀県水産試験場(1980)：滋賀県水産試験場要覧.80年のあゆみ, 8-22.
- 5) 滋賀県水産試験場(1914)：鱈標識魚放流試験.大正元年度滋賀県水産試験場報告, 62-63.
- 6) 滋賀県水産試験場(1915)：鱈標識放流試験.大正2年度滋賀県水産試験場報告, 53-55.
- 7) 滋賀県水産試験場(1915)：鱈標識放流試験.大正3年度滋賀県水産試験場報告, 53-54.
- 8) 滋賀県水産試験場(1917)：鱈標識放流試験魚ノ漁獲.大正4年度滋賀県水産試験場報告, 54-55。
- 9) 滋賀県水産試験場(1923)：鱈苗放流事業.琵琶湖水産増殖事業成績報告, 第壹巻, 55-88.
- 10) 滋賀県水産試験場(1947)：遡上鱈年齢調査.滋賀県水産試験場事業報告, 43-45.
- 11) 末富寿樹・大杉久治(1952)：琵琶鱈の資源.滋賀県水産試験場研究報告, 第2号, 78-83.
- 12) びわ湖生物資源調査団(1966)：ビワマス.びわ湖生物資源調査団中間報告, 726-728.
- 13) 小林哲夫(1961)：サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の年齢、成長並びに系統に関する研究.北海道さけ・ます・ふ化場研究報告, 第16号, 1-102.