

## 琵琶湖で増加したワカサギの特性

井出 充彦・山中 治

Characteristics of Pond Smelt, *Hypomesus transpacificus nipponensis* increased in Lake Biwa.

Atsuhiko Ide, Osamu Yamanaka

Growth, maturity, stomach contents and vertebral number of pond smelt *Hypomesus transpacificus nipponensis*, which increased abruptly in Lake Biwa from 1994, were examined. Average standard length of the fish caught in the lake increased gradually from 48.4mm in July to 111.0mm in January. GSI increased rapidly from late January and reached about 22% in early March and this value held until late March. Dominant prey was Amphipoda *Jesogammarus annandalei* in November and in February, but the larvae of Ayu fish *Plecoglossus altivelis altivelis* appeared from 42.3% in samples collected in November. Average vertebral number of the population in Lake Biwa was significantly ( $p < 0.01$ ) different from that in Lake Yogo. These results suggest that the present environment of Lake Biwa is a good condition for pond smelt growth, and Ayu fish resource may be affected by an increase of the fish. Also the origin of the Lake Biwa population seems to differ from the Lake Yogo one.

滋賀県水産試験場は1994年度に琵琶湖(面積673.8km<sup>2</sup>、平均水深41m)とその周辺の河川で、魚類等の生息状況を把握するための採集調査(以下魚類等の生息状況調査と略す)を行った。その調査結果から、これまでごくわずかしか採捕されることのなかったワカサギが多量に採捕され、琵琶湖で増加していることが示唆された<sup>1)</sup>。また、1994年11月の漁獲状況の聞き取りでは、調査した9漁協のうち8漁協においてワカサギが多く漁獲されていた。10月頃に始まった沖曳(小型底曳網漁法の一つ)による漁獲量は1日1隻当たり多くて20~50kgであった。

滋賀県には元来ワカサギは生息していなかったが、諏訪湖や多くのダム湖などと同様、ワカサギ卵の移植が行われている。そのうち、琵琶湖でのワカサギ卵の移植は、1910年から1919年の10年間と1939年から1953年の15年間の2期間行われた。前期は三方湖、霞ヶ浦、宍道湖などから約1億粒、後期は主に霞ヶ浦から約13億粒の移植であった。しかし、増殖効果は低く、ワカサギ対象の漁業が可能になるまでには至らなかった<sup>2)~4)</sup>。また、琵琶湖での生息状況などの移植後の追跡調査は放流直後の漁獲状況調査以外行われておらず、再生産も確認されていない。

一方、琵琶湖の北部に隣接する余呉湖(面積1.7km<sup>2</sup>、平均水深7.4m)では、1918年、1919年、1940年の少なくとも3年間の卵移植によってワカサギが定着し、漁業が可能となった<sup>3) 5) 6)</sup>。また、1945年の終戦以後はほぼ毎年放流されており<sup>7)</sup>、1973年からの漁獲量が統計書に記載されている<sup>8)</sup>。

このように、ワカサギの増殖事業が成功した余呉湖と比較して、琵琶湖では事業的放流が行われたにもかかわらず、1993年まで多量に採捕されたことはなかった。放流が行われた当時以外に、1993年までの近年においてもごくわずかに採捕されることがあったが、これらは過去に放流されたものの子孫であるのか、余呉湖から余呉川を通じて流出したものであるのかは不明である。

1994年以来、琵琶湖で多量に採捕されるようになったワカサギの生態や他魚種に対する影響、あるいはその由来等は不明である。そこで、琵琶湖の沖合で採捕されるワカサギについて、成長、成熟、胃内容物等の調査と、脊椎骨数による琵琶湖と余呉湖のワカサギの比較を行った。

## 材料および方法

琵琶湖沖合で採捕されるワカサギ試料として、魚類等の生息状況調査において1994年7月18日、湖北町地先水深10m付近に設置されているエリで得られた標本と、同調査において1994年11月21日、長浜市地先水深約30m地点で沖曳で得られた標本、ならびに彦根市磯田漁業協同組合(以下磯田漁協と略す)から随時提供を受けたエリおよび沖曳で採捕された標本を用いた。磯田漁協のエリによる標本は湖岸より約1km沖合の水深10m付近、沖曳による標本は湖岸より約3kmから約6km沖合の水深30mから50m付近のいずれも彦根市地先で採捕されたものである。試料は10%ホルマリンで固定後、標準体長(以下体長と略す)、体重および11月以降のものについて生殖腺重量を測定した。成熟は生殖腺指数GSI(生殖腺重量/体重×100)を用いて指標とした。この生殖腺重量には腹腔内に排卵された卵重量を含めた。また、体長の比較のため、1995年2月7日に魚類等の生息状況調査で張網(調査用小型定置網)により採捕された余呉湖のワカサギ0+年魚(10%ホルマリン固定)も使用した。なお、8月から10月までの標本は収集することができなかった。また、特にエリの標本数が少ないため、沖曳とエリで採捕された標本の漁具による成長および成熟に関する差については考慮せず、これらを含めて沖合採捕標本とした。

胃内容物の調査については、前述の標本のうち、1994年11月21日に長浜市地先にて沖曳で採捕された52尾と、磯田漁協より提供を受けた1995年2月8日に沖曳で採捕された19尾を使用した。標本は前者は取り上げ

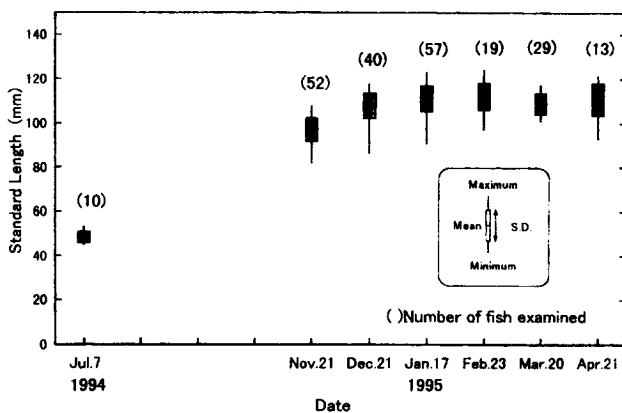


Fig.1. Changes in standard length of pond smelt collected in Lake Biwa.

直後に、後者は磯田漁協組合員に依頼し、帰港後直ちに10%ホルマリンで固定したものである。解剖後、胃のみを取り出しシャーレ上で内容物を洗い出してその種類判別と個体数の計数を行った。

脊椎骨数の調査については、1995年1月12日、磯田漁協より提供を受けた沖曳で採捕されたワカサギ27尾を用い、軟X線写真像から脊椎骨数を計数した。また、比較のために前述の1995年2月7日に採捕された余呉湖のワカサギ0+年魚60尾も同様に脊椎骨数を計数した。脊椎骨数には尾部棒状骨を含めた。

## 結果

### 成長

体長の推移をFig.1.に示した。1994年7月18日に48.4±2.5 mm(mean±S.D.以下同様)であった平均体長は、11月21日には97.2±5.2mm、1995年1月17日には111.0±5.8mmと順次成長し、それ以降はほぼ一定となった。

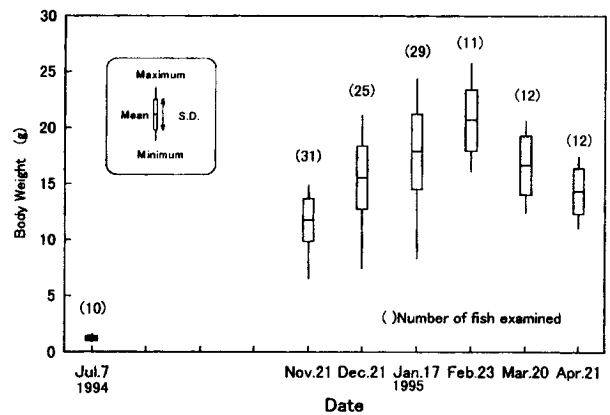


Fig.2. Changes in body weight of female pond smelt collected in Lake Biwa.

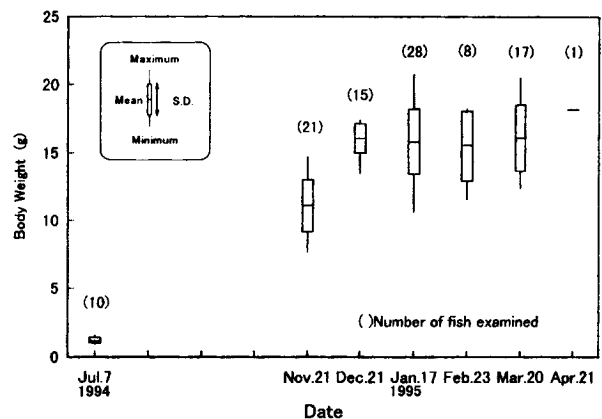


Fig.3. Changes in body weight of female pond smelt collected in Lake Biwa.

琵琶湖で増加したワカサギの特性

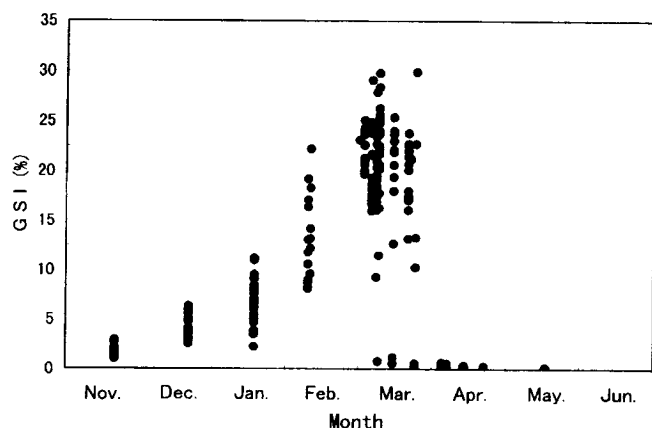


Fig. 4. Changes in GSI of female pond smelt collected in Lake Biwa.

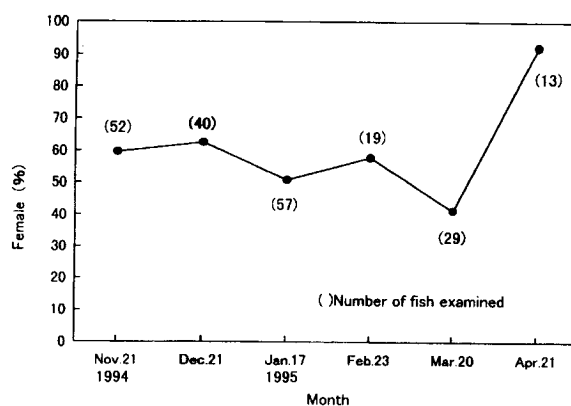


Fig. 6. Sex ratio of pond smelt collected in Lake Biwa.

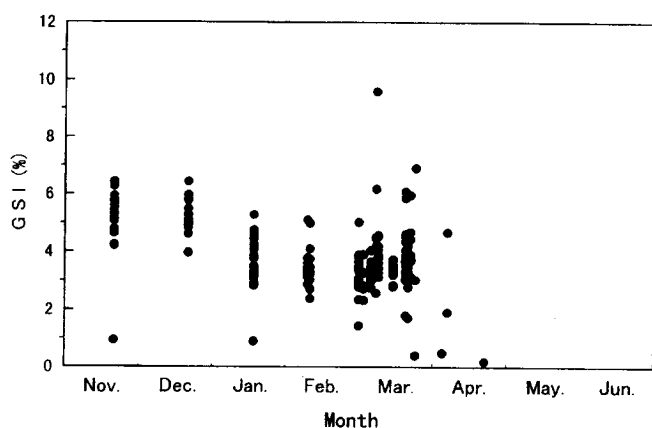


Fig. 5. Changes in GSI of male pond smelt collected in Lake Biwa.

観察から、卵巣が退縮した産卵後の個体であった。4月以降は産卵後の個体のみとなった。

雄の場合、11月から12月までは平均値5%付近であったものが、1月以降は徐々に減少し、3月には主に3%から4%の範囲となった(Fig. 5.)。

性比

Fig. 6. に性比を雌の占める割合で示した。なお、標本は成長の図に使用したものと同一である。これによると11月から3月までは雌の割合がおおよそ40%から60%で性比はほぼ1:1であったものが、4月21日には92%が雌と極端に上昇した。

胃内容物

Table 1. にワカサギの胃内容物組成を示した。1994年11月21日に採捕された52尾(平均体長 $97.2 \pm 5.2$ mm)のうち、空胃の2尾を除く50尾から出現した各種餌料生物は、個体数でアナンデルヨコエビ、ヤマトヒゲナガケンミジンコなどのケンミジンコ類、ハリナガミジンコなどのミジンコ類、魚類の順で多く出現し、それぞれの頻度は36.7%、25.5%、17.2%、8.5%であった。このうち魚類にはアユ幼魚(シラス型仔魚)と同定されるものが含まれ、空胃の2尾を含む52尾中の出現率(調査標本中、当該餌料生物が出現した標本の割合)は42.3%(22尾)であった。5尾の標本から出現したアユ以外の8尾の魚類については、ハゼ科の稚魚と思われるものが含まれていたが、消化が進み同定には至らなかった。捕食されたアユ幼魚は多くがワカサギ1個体当たり1尾であったが、目測による胃内容物の容積比率では80%以上を占めていた。

一方、1995年2月7日に得られた余呉湖のワカサギの平均体長は $59.4 \pm 3.2$ mm(n=100)であった。

Fig. 2. および Fig. 3. に雌雄の体重の推移を示した(7月18日は雌雄の区別なし)。雌の場合、11月21日の $11.7 \pm 1.9$ gから2月23日の $20.7 \pm 2.7$ gまで順次増加したが、それ以降は減少し4月21日には $14.3 \pm 2.0$ gとなった。雄では、11月21日の $11.1 \pm 1.9$ gから12月21日には $16.1 \pm 1.1$ gとなり、以降3月20日までほぼ一定で、体重の減少はみられなかった。

成熟

雌のGSIは1月下旬から急速に増大し、平均値が約22%になる3月3日まで増加した(Fig. 4.)。その後は3月20日までほぼ一定であったが、3月9日からGSIが1%以下の個体が出現した。GSIが1%以下の個体は、生殖腺の

Table 1. Stomach contents of pond smelt collected in Lake Biwa.

Food animals		November 21, 1994				February 8, 1995			
		Total number	Rate (%)	Number of specimens	Rate (%)	Total number	Rate (%)	Number of specimens	Rate (%)
Fish	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	27	5.8	22	42.3	1	0.3	1	5.3
	Not identified	8	1.7	5	9.6	0	0.0		
	Egg	0	0.0			13	3.4	5	26.3
Crustacea	<i>Palaeomon paucidens</i>	15	3.2	13	25.0	3	0.8	3	15.8
	<i>Jesogammarus annandalei</i>	151	32.6	35	67.3	355	92.7	19	100.0
	Cyclopoida	91	19.7	31	59.6	4	1.0	1	5.3
	<i>Daphnia longispina</i>	25	5.4	13	25.0	0	0.0		
	<i>Daphnia galeata</i>	3	0.6	2	3.8	0	0.0		
	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	2	0.4	2	3.8	0	0.0		
	<i>Alona sp.</i>	1	0.2	1	1.9	0	0.0		
	Cyclopoida	91	19.7	31	59.6	4	1.0	1	5.3
	<i>Eodaptomus japonicus</i>	13	2.8	10	19.2	0	0.0		
	Harpacticoida	1	0.2	1	1.9	0	0.0		
Insecta	Diptera	1	0.2	1	1.9	1	0.3	1	5.3
Nematoda		19	4.1	10	19.2	2	0.5	1	5.3
Not identified		15	3.2	4	7.7	0	0.0		
Total		463	100			383	100		

\* 52 specimens examined and stomach content of 2 fish were empty.

\* \* 19 specimens examined.

\* \* \* number of specimens found each item X100/total number of specimens examined.

Table 2. Vertbral number of pond smelt in Lake Biwa and Lake Yogo.

Locality	Date of sampling	number of specimens	Vertbral number					Mean	Variance	
			53	54	55	56	57			58
Lake Biwa	Jan. 12, 1995	27			2	16	7	2	56.33	0.54
Lake Yogo	Feb. 7, 1995	60	3	10	22	22	3		55.20	0.91

1995年2月8日に採捕された19尾(平均体長113.8±5.4mm)には空胃個体はなく、胃内容物としては93.4%がアナンドールヨコエビであり、アユ幼魚を捕食していた個体は1尾であった。また、5尾(出現率26.3%)のワカサギからワカサギ卵と思われる卵が合計13粒出現し

た。

#### 脊椎骨数

Table 2.に1995年1月12日、彦根市地先で採捕された標本と、1995年2月7日に余呉湖で採捕された標本の脊椎骨数を示した。このように、琵琶湖の標本の脊椎骨

数は余呉湖のものより多い傾向を示し、それぞれの平均値は56.33と55.20であった。t検定による平均値の比較の結果、これら各湖の脊椎骨数に有意差が認められた( $p < 0.01$ )。

## 考 察

### 成長と生育条件

琵琶湖におけるワカサギの成長は、7月に平均体長 $48.4 \pm 2.5$ mmであったものが、翌年の1月には $111.0 \pm 5.8$ mmとなった。これは、同一年級群でありながら大型群と小型群が存在する霞ヶ浦において、7月に平均体長66.9mmであったものが、12月には115.3mmまでになる0+年魚大型群の成長に匹敵した<sup>9)</sup>。また、1995年2月7日の余呉湖のワカサギの平均体長は $59.4 \pm 3.2$ mmで、これと琵琶湖の同時期のものとを比較すると、琵琶湖のものは余呉湖のものに比べて2倍近い体長であった。これらのことから、琵琶湖は餌料環境など生育条件がワカサギにとって良好であると考えられる。

### 成熟と性比の変化から推測した産卵回遊

雌のGSIは1月下旬から急速に増大し、平均値が約22%になる3月3日まで増加した。また、3月9日以降産卵後の個体が出現した。このことから、琵琶湖におけるワカサギの産卵期は、3月上旬から、産卵後の個体のみになる直前の3月下旬までの約1ヶ月間と推定される。

一方、雄のGSIは、11月から12月までは5%付近であったものが、1月以降は3%から4%に減少し、3月初旬までGSIが増加する雌とは異なった傾向を示した。1月以降減少する理由は不明であるが、成熟したの順に、沿岸部や流入河川の産卵場に向かって、雌よりも早く回遊していくことが考えられる。

4月以降、沖合のエリや沖曳で採捕される雌が産卵後の個体のみであることは、雌は産卵後も生存したまま沖合に移動する個体があることを示している。一方、4月以降に雄がほとんど採捕されなかったことから、雄の動向は不明であるが、産卵後には多くが死亡することや、産卵後も産卵場付近に留まっていることなどが考えられる。

### 胃内容物組成とアユの食害

秋季と冬季の胃内容物調査の結果、アナンダールヨコエビを多く捕食していることが確認された。また秋季には、アユ幼魚を捕食している個体が多く出現した(出現率42.3%)。琵琶湖では秋季にアユの仔稚魚が多量

に発生するためこれらが良好な餌料となっているものと思われる。しかし、冬季の胃内容物にアユ幼魚はごくわずかに出現しただけであった(出現率5.3%)。この原因は明らかでないが、アユの成長に伴う大型化や遊泳力の増大によりワカサギによる捕食が困難になったものと考えられる。なお、冬季に出現したワカサギ卵と思われる卵は、ワカサギが沖曳網で採捕される際に放卵したものを、偶然に飲み込んだものと考えられる。

過去の琵琶湖へのワカサギ卵の移植は、琵琶湖に存在する豊富な餌料生物による多大な生産力の有効利用のために行われた<sup>3)</sup>。しかし、琵琶湖内でワカサギが他の在来魚種へ与える影響の詳細な調査は行われていない。一般にワカサギは湖沼に陸封されたアユと共存する場合、餌料の競合や捕食・被捕食によって、両者の資源量に拮抗的な関係が存在する可能性が指摘されている<sup>10)</sup>。本調査でワカサギによるアユ幼魚の捕食が確認されたことから、特に秋季における食害によるアユ資源への影響が懸念される。また、アユを含む在来魚種への餌料や生息場所の競合などによる影響も不明で、今後早急に明らかにしていく必要がある。

### 脊椎骨数からみた由来の検討

ワカサギの脊椎骨数の違いによる魚群の分別は佐藤(1954)、田中(1969)らを始めしばしば行われてきた。佐藤(1954)は、各原産地とその移植地との間においてワカサギの平均脊椎骨数を比較した結果、平均脊椎骨数は魚群に特有の値を示して、環境の変化の影響を受け難いことがうかがわれると述べている。ただし、霞ヶ浦と移植後32年経過した諏訪湖との間では有意差が認められたとも述べており、長年月による脊椎骨数の変化の可能性も示唆している<sup>11)</sup>。田中(1969)は石狩古川へ脊椎骨数のモードが56の網走湖産ワカサギが移植された結果、モードが57の石狩地域のワカサギの脊椎骨数が減少したと述べている<sup>12)</sup>。

余呉湖へは、近年網走湖産のワカサギ卵がほぼ毎年移植されており、今回の調査結果による余呉湖産と、上述の田中(1969)の調査による網走湖産ワカサギの脊椎骨数の平均値を比較したところ、余呉湖産はやや低い値であるが、網走湖産との間に有意差が認められないことから(t検定  $p > 0.01$ )、現在の余呉湖には網走湖産由来のワカサギが生息している可能性が高いと考えられる。

一方、琵琶湖と余呉湖のワカサギの脊椎骨数の平均値に有意差が認められたことは、現在の琵琶湖群は、

余呉湖群とは異なる群が由来である可能性が高いことを示している。ただし、余呉湖水は放水路が完成した1958年以来、1年を通じて余呉川へ放水されており、余呉川から約3km下流の琵琶湖へ仔稚魚、あるいは成魚がある程度流出している可能性は高く、石狩地域のように余呉湖群以外と余呉湖群との混合群であることも考えられる。

現在増加している琵琶湖のワカサギの由来を明らかにするには、今回脊椎骨数の調査地点が1地点だけであるため、さらに精度を高めた琵琶湖全域における調査が必要であることと、余呉湖からの流出の程度、琵琶湖のワカサギと余呉湖や他地域のワカサギの形態的あるいは遺伝的な差異の有無などを詳細に調査する必要があるものと思われる。

琵琶湖では、1953年までワカサギ卵の移植が行われたが、ほとんど増加しなかったことから、琵琶湖の環境、特に水質や餌料生物、あるいは競合魚種の減少など何らかの環境変化がワカサギの急激な増加に関与しているものと考えられる。

## 謝 辞

彦根市磯田漁業共同組合組合長正田興一氏はじめ組合員の方々には、標本の収集にご協力いただきました。お礼申し上げます。

## 摘 要

- 1994年に増加したワカサギについて、成長、成熟、胃内容物、脊椎骨数について調査した。
- 沖合で採捕されたワカサギの体長は7月18日の48.4±2.5mmから1月17日の111.0±5.8mmまで順次成長し、以降4月まではほぼ一定となった。体重は雌の場合11月21日の11.7±1.9gから2月23日の20.7±2.7g、雄の場合11月21日の11.1±1.9gから12月21日には16.1±1.1gまで増加した。
- 雌のGSIは1月下旬から急速に増大し、3月3日には平均値約22%となり、3月20日までほぼ一定となった。産卵期は3月上旬から3月下旬までと推定した。また、雄は雌と比較して、1月以降、GSIが減少することから、雌よりも早く産卵場周辺へ回遊して行くものと考えられた。
- 1994年11月21日および1995年2月8日に採捕されたワ

カサギの胃内容物組成は個体数でアナンデルヨコエビが最も多かったが、11月21日には52尾中22尾がアユ幼魚を捕食していた。アユ資源への影響が懸念された。

- 1995年1月12日に彦根市地先で採捕されたワカサギと1995年2月7日に余呉湖で採捕されたワカサギの脊椎骨数に有意差が認められた。このことは、現在の琵琶湖群は余呉湖群とは由来が異なるか、それらと余呉湖群の混合群であることを示していると思われる。

## 文 献

- 滋賀県水産試験場(1996)：琵琶湖および河川の魚類等の生息状況調査結果(概要)、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書、1-27。
- 古川優・栗野圭一(1969)：水棲生物の移植記録(資料)、滋賀県水産試験場研究報告、22、245-250。
- 滋賀県水産試験場(1940)：公魚卵孵化放流事業(一年目)、昭和13年度滋賀県水産試験場事業報告、26-27。
- 滋賀県水産試験場(1941)：公魚卵孵化放流事業(二年目)、昭和14年度滋賀県水産試験場事業報告、26-27。
- 滋賀県水産試験場(1919)：公魚移植試験、大正6年度滋賀県水産試験場報告、60-62。
- 滋賀県水産試験場(1920)：公魚移植試験、大正7年度滋賀県水産試験場報告、37-40。
- 山村金之助(1978)：余呉湖の魚貝、びわ湖の魚撈生活琵琶湖総合開発地域民族文化財特別調査報告書1、(滋賀県教育委員会)、339-345。
- 近畿農政局滋賀統計情報事務所(1979)：水産業累年統計書(昭和22年～52年)第1集、22-23。
- 根本孝(1993)：霞ヶ浦・北浦における成長の異なるワカサギ2魚群の存在について-I 一体長組成からみたふ化時期の推定-I、茨城県内水面水産試験場研究報告、29、13-27。
- 東幹夫(1980)：コアユ一代限りの侵略者?、日本の淡水生物 侵略と攪乱の生態学、(川合禎次・川那部浩哉・水野信彦)、154-161、東海大学出版会、東京。
- 佐藤隆平(1954)：ワカサギの漁業生物学、水産増殖叢書、5、4-8。
- 田中寿雄(1969)：ワカサギの生態学的研究 1.石狩湾における2魚群の成因に関する考察、北海道立水産孵化場研究報告、24、89-95。