

## 琵琶湖産アユにおける 2005 年漁期の不漁原因

酒井明久・片岡佳孝・西森克浩\*

The cause of the catch decrease in 2005 fishing year of ayu  
*Plecoglossus altivelis* in Lake Biwa

Akihisa Sakai, Yoshitaka Kataoka and Katsuhiro Nishimori\*

The cause of catch decrease of ayu *Plecoglossus altivelis* in 2005 fishing year in the Lake Biwa was investigated. The spawning period in 2004 of ayu was during early September to late October with a peak in mid September. A high precipitation by a typhoon in late September disturbed spawning grounds on rivers. In addition, a typhoon passed over the Lake Biwa in late October. After that, the epilimnion where larval ayu lived was made very turbid for at least 8 days. These events would be lower survival rate of eggs and larvae. The mean standard length of the spawners in 2005 was largest from 1994 to 2005. The number of spawned eggs in 2005 increased more than three times by comparison with the year before. Therefore, the density of larvae was higher than the year before and the catch at the beginning in 2006 fishing year was very good.

キーワード：琵琶湖産アユ、不漁、台風、資源回復

琵琶湖のアユ *Plecoglossus altivelis* は、毎年 11 月下旬から翌年 8 月までエリ（小型定置網）、ヤナ、刺し網など各種漁法で漁獲されている。琵琶湖漁業において、アユは漁獲量および漁獲金額が常に上位を占める最重要魚種である。<sup>1)</sup> さらに、琵琶湖産アユは、河川放流用・養殖用の種苗として利用価値が高い。これらのことから、滋賀県水産試験場では、毎年のアユの資源水準を評価することを目的に、1940 年から産卵数や仔魚生息密度などのアユ資源調査を実施している。これらの調査結果を利用し、1984 年には岩崎ら、<sup>2)</sup> 1990 年には西森ら<sup>3)</sup> により、それぞれ重回帰分析法による漁況予測手法が開発された。さらに、1998 年以降、田中ら<sup>4)</sup> および田中<sup>5,6)</sup> により、仔魚や漁獲アユを対象に耳石による日齢査定が行われ、ふ化時期と成長および発育の関係が明らかにされた。

一方、琵琶湖産アユの資源変動機構については、生活史の初期に密度依存的な死亡が生じること<sup>3,7,8)</sup>、幼魚の資源添加量がイサザ *Gymnogobius isaza* との間競争の影響を受けていること<sup>9)</sup> が知られている。また、冬の厳しい寒波に伴う湖水温の低下は、アユの生育不良や著しい不漁を生じさせることが報告されて

いる。<sup>3,10)</sup> このように、これまで長年にわたり琵琶湖産アユに関する様々な資源学的な調査研究が行われ、情報が蓄積されてきたが、資源変動の仕組みについては、なお不明な点が多い。

2005 年のアユの漁獲量は、377 トン<sup>11)</sup>と 1966 年以来 38 年ぶりに 500 トンを下回る著しい不漁であった。しかし、2005 年 11 月下旬から始まる翌漁期の解禁当初は、一転して豊漁であった。このようにアユ資源が著しく変動したときの現象を分析することは、アユ資源の変動要因を明らかにする上で、さらには、アユ資源の管理を検討する上で重要である。

2005 年漁期のアユが生まれた 2004 年秋には、平年の 4 倍に当たる 4 個の台風が日本に上陸し、このうち 2 個は滋賀県を通過する特異な年であった。

そこで本研究では、2005 年漁期の不漁原因を明らかにする目的で、産卵数、仔魚生息密度などの資源水準の指標値や、産卵期の降水量および琵琶湖表層の濁度の観測データを近年と比較し、2004 年秋の台風がアユ資源に与えた影響を検討した。さらに、翌年にアユ資源が回復した要因について考察したので報告する。

\*現所属；滋賀県農政水産部水産課 (Fisheries Management Division, Department of Agriculture and Fisheries, Agency of Shiga Prefecture, Kyomachi 4-1-1, Otsu, Shiga 520-8577, Japan)

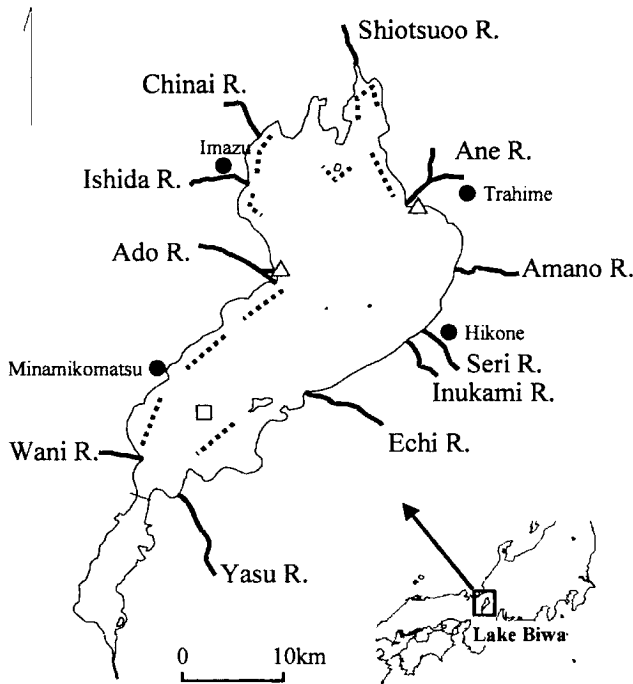


Fig. 1 Map showing the survey areas in Lake Biwa and influent rivers. Symbols showing as follows, dotted lines : larval net survey course ; open triangles : artificial spawning channels ; closed circles : observation stations of the precipitation ; open square : observation station of the turbidity in surface layer of Lake Biwa.

### 材料と方法

2005年のアユ漁期(2004年11月21日から翌年8月20日まで、以下、2005年漁期)におけるアユの資源水準を評価するとともに、成長とこれに影響する要因を検討するため、1993~2005年に得られた滋賀県水産試験場の調査資料のうち、次のものを用いた。

- 1)産卵数:琵琶湖に流入する11の天然河川(Fig. 1)における産卵数(有効産着卵数)<sup>12-24)</sup>と、2カ所あるアユ産卵用人工河川(Fig. 1)の総流下仔魚数<sup>1)\*2</sup>からふ化率を90%<sup>25)</sup>として推定した人工河川における産卵数、および両者の和。
- 2)仔魚生息密度:琵琶湖北湖9水域(Fig. 1)で採集用ネットを18または30回曳網して得られた仔魚生息密度(尾/曳網)。<sup>12-24)</sup>ただし、本研究では以下の理由により10~12月の期間中に3回調査された結果の最大値を各年のデータとして用いた。なお、2003年は2回しか調査できなかったため、欠測値として扱った。

仔魚生息密度の調査は、原則として新月の夜間に実施されたため、同月の調査であっても年によって

どの旬に実施されたかは一定ではない。また、アユのふ化時期も年によって一定ではない。調査日とふ化時期が接近した場合には、仔魚が調査水域に達していないことや、採集用ネットの網目に留まるサイズに達していないことが想定される。また、調査日がふ化時期から長期間経過した場合には、仔魚の逃避能力の向上や自然死亡により採集尾数は減少すると考えられる。そこで、本研究では10~12月に行われた3回の調査結果のうちの最大値が、その年の仔魚の生息量を最もよく反映すると判断し、データとして採用した。

- 3)単位努力当たり漁獲尾数(CPUE):滋賀県漁業協同組合連合会から聴き取りした11月21日から11月30日までのエリ(小型定置網)による1経営体当たり漁獲尾数と、ふたつの漁業協同組合(志賀町、彦根市磯田)から聴き取りした3~5月の月別エリ1統当たり漁獲尾数。なお、これらはそれぞれの漁獲重量をエリで漁獲されたアユの月別平均体重<sup>16-24)</sup>(ただし、1993~1996年は未発表データ)で除して求めた。
- 4)平均体長:3~7月にエリで漁獲されたアユの月別旬別の平均値<sup>16-24)</sup>(ただし、1994~1996年は未発表データ)。
- 5)水温:毎月1回琵琶湖横断ライン上5地点で測定している水温の鉛直分布データ<sup>26-38)</sup>から、アユの生息層に含まれる水深20mにおける4~7月の月別観測値。  
なお、このほかにアユの初期減耗要因を検討するため、1993~2005年の9月と10月の日間降水量(気象庁; <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)を調べ、琵琶湖北湖周辺4地点(彦根、虎姫、今津、南小松)(Fig. 1)の平均値を算出した。さらに、南比良沖に設置されている水質自動測定局(Fig. 1)により同時期に測定された6時間ごとの表層濁度(水深0.5m)のデータを用いた。

### 結果

**資源尾数指標値の経年変化** 天然河川と人工河川におけるアユの産卵数は、増水で天然河川の調査が十分にできなかった1998年を除けば、2005年漁期のアユが生まれた2004年が65.3億(天然河川42.6億粒、人工河川22.7億粒)で最も少なく、1993年が653.8億粒(天然河川618.2億粒、人工河川35.6億粒)で最も多

\*1 業務報告書, (財) 滋賀県アユ資源培養協会

\*2 人工河川管理運用結果報告書, (財) 滋賀県水産振興協会

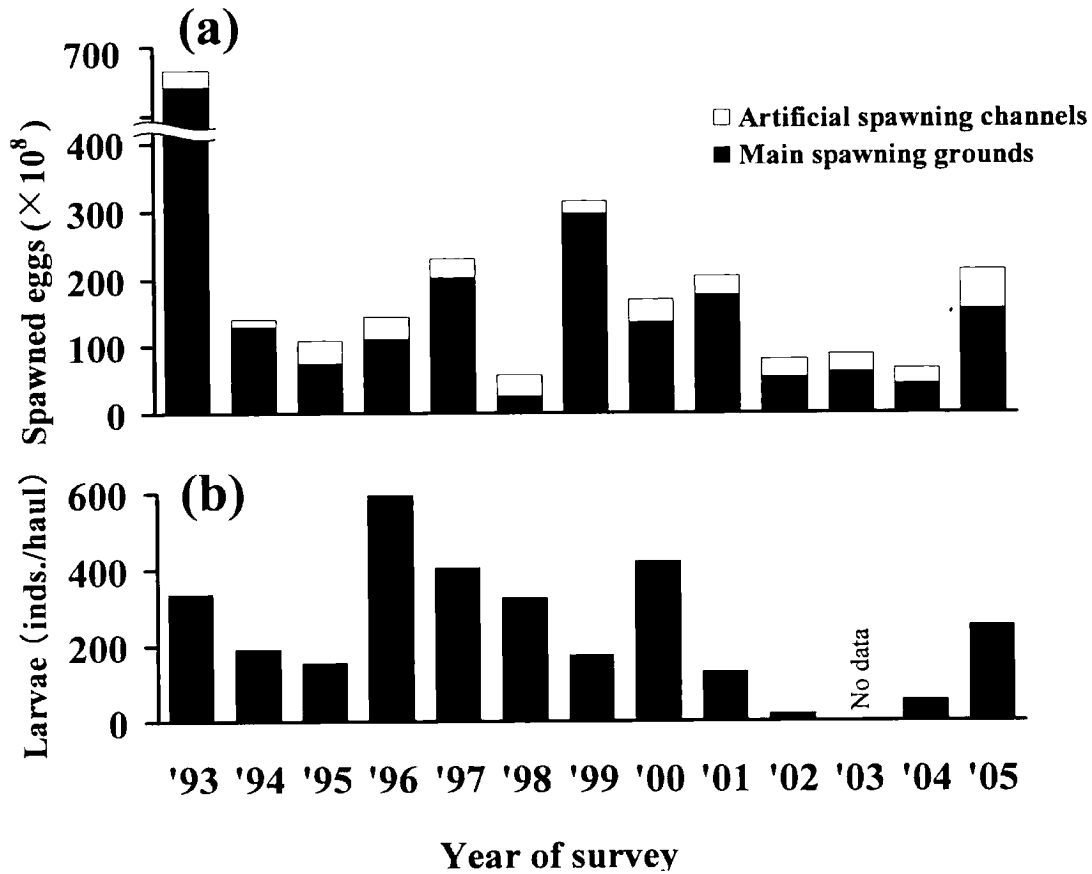


Fig. 2 Annual changes in spawned eggs on the main spawning grounds in rivers and the artificial spawning channels (a), and caught number of larvae per haul (b).

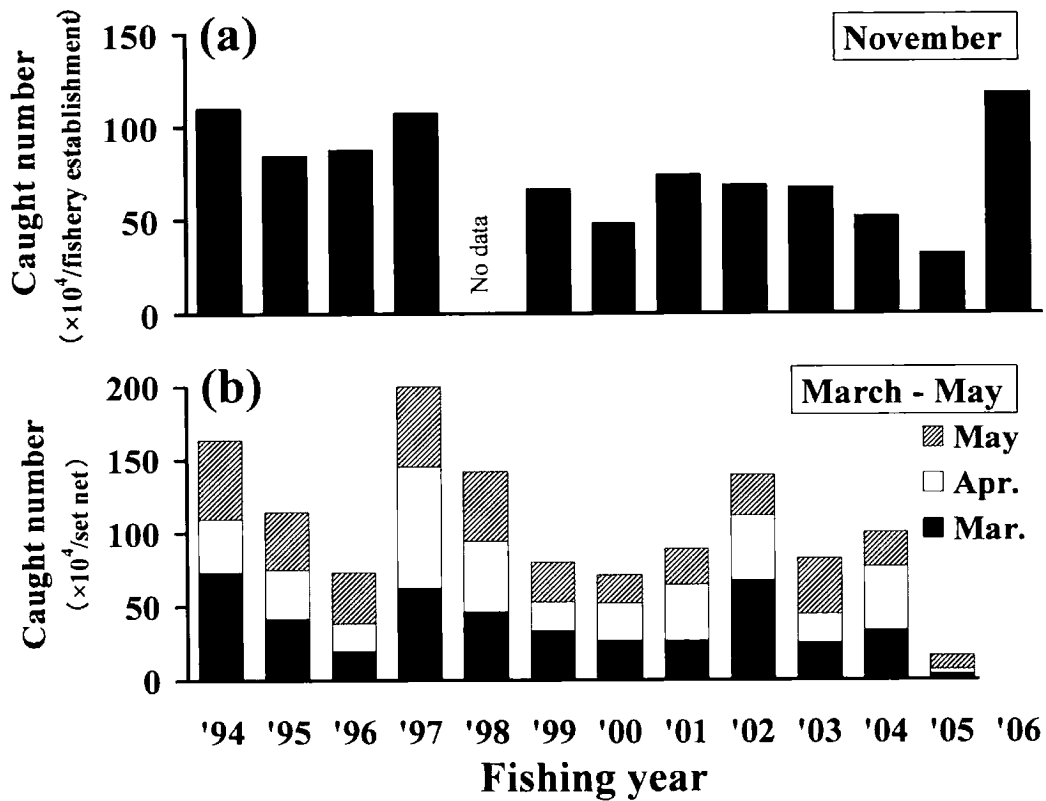


Fig. 3 Annual changes in caught number by set net in November (a) and March to May (b).

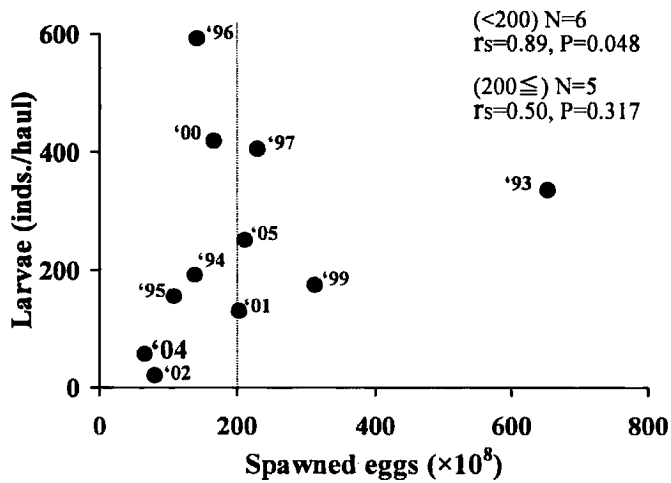


Fig. 4 Relationship between spawned eggs and number of caught larvae.

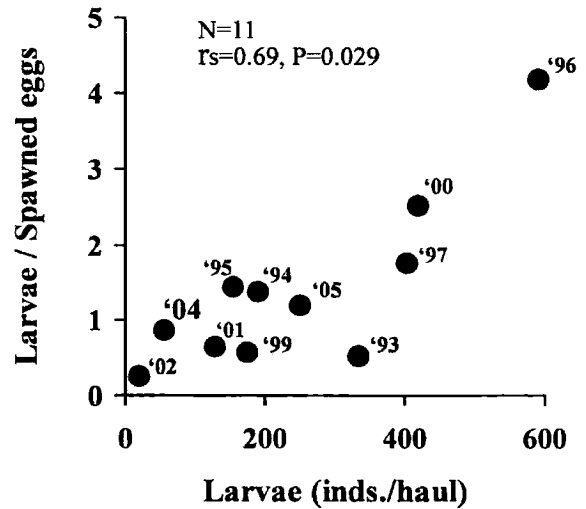


Fig. 5 Relationship between number of caught larvae and index of survival rate (number of caught larvae/spawning eggs).

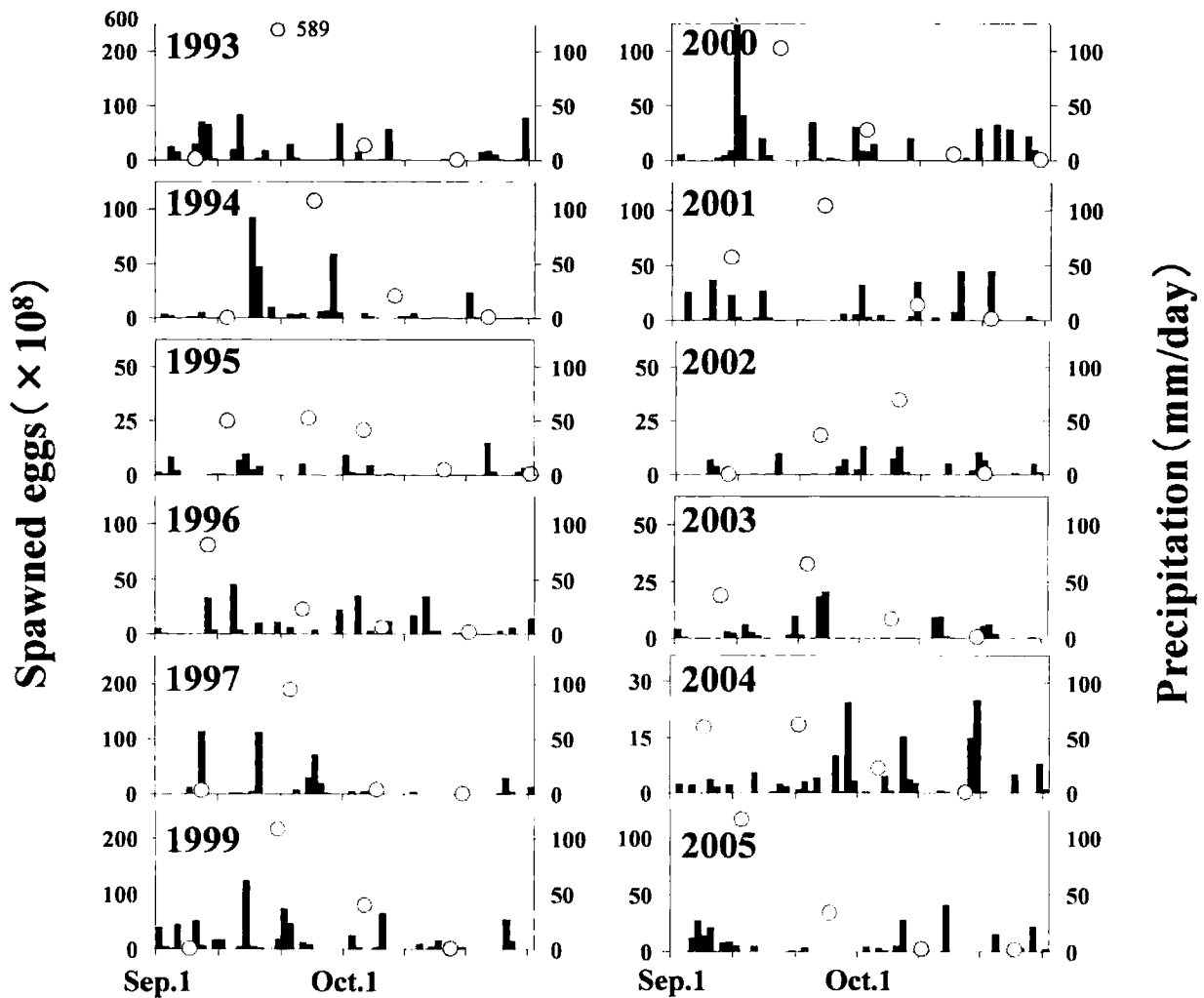


Fig. 6 Changes in spawned eggs on main spawning grounds in rivers (○) and precipitation per day (■) from September to October.

かった(Fig.2a)。

仔魚生息密度は、2002年の20尾/曳網が最も低く、1996年の592尾/曳網が最も高かった。2004年の仔魚生息密度は56尾/曳網で、2002年に次いで低かった(Fig. 2b)。

エリによるCPUEは、解禁当初の11月には2005年漁期(2004年11月)が31.6万尾/経営体で最も少なく、翌年の2006年漁期が117.4万尾/経営体で最も多かった(Fig. 3a)。3~5月のCPUEの経年変化は11月とよく似た傾向を示し、2005年漁期の16.2万尾/統が最も少なく、1997年漁期の199.6万尾/統が最も多かった(Fig. 3b)。

以上のように、2005年漁期の資源尾数の指標値は、いずれも調査対象とした13年間で最も低い水準にあった。一方、翌2006年漁期の指標値は、産卵数(天然

河川で前年比3.6倍)、仔魚生息密度(前年比4.5倍)および11月CPUE(同3.7倍)のすべてにおいて前年を大きく上回った。

**仔魚生息密度と産卵数・生残指数との関係** 1993~2006年の天然河川と人工河川をあわせた産卵数と仔魚生息密度の関係をみると、産卵数が200億粒以上では両者に相関は認められないが(n=5, Spearman's  $r_s=0.50$ ,  $P=0.317$ )、200億粒未満では両者に有意な正の相関が認められた(n=6, Spearman's  $r_s=0.89$ ,  $P=0.048$ ) (Fig. 4)。次に、卵から仔魚までの生残率の指標値として、仔魚生息密度を産卵数で除した値(生残指数)を求め、仔魚生息密度との関係をみると、両者には有意な正の相関が認められた(n=11, Spearman's  $r_s=0.69$ ,  $P=0.029$ ) (Fig. 5)。

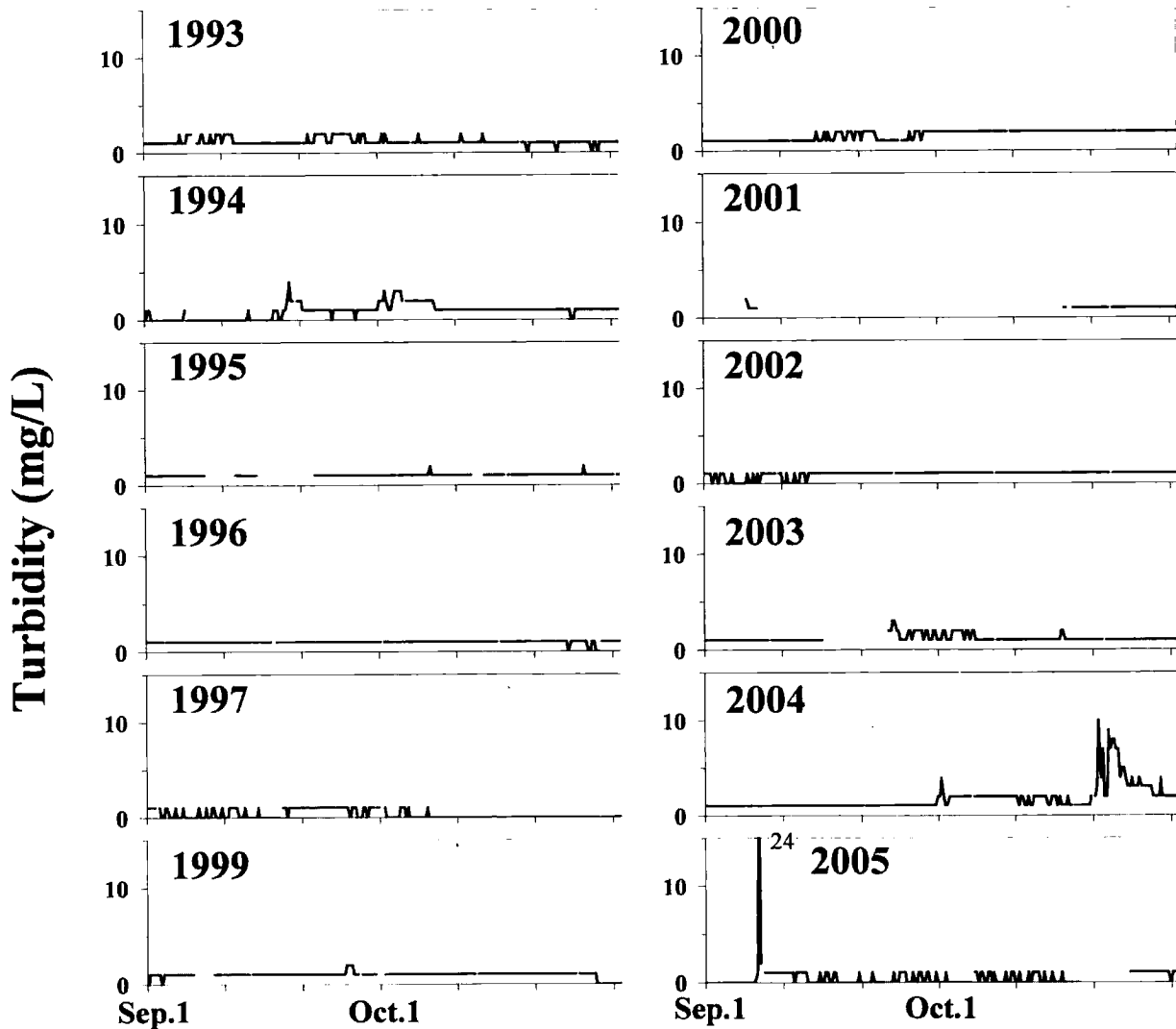


Fig. 7 Changes in turbidity in the surface layer of Lake Biwa.

**2004年の産卵期の特徴** 1993年以降の12年間(1998年を除く)について、9~10月の産卵数と日間降水量の推移をFig. 6に示した。両月における産卵数の推移は、各年ともにひとつのピークを持つ単峰型の分布を示し、産卵盛期は概ね9月中旬から下旬に認められた。2004年もこれらとほぼ同様の傾向にあり、9月下旬に期間中で最も多い18.3億粒の産卵が認められた。

2004年の産卵期には、9月29日に台風21号が、10月20日には台風23号が相次いで滋賀県を通過した。これらの台風の通過に伴い、琵琶湖周辺では80mm/日を超える降水量が観測され(Fig. 6)、産卵場である河川が大増水した。2004年の他に80mm/日を超える降水量が観測されたのは、1994年と2000年の2カ年であった。これらの3カ年について大雨と産卵時期との関係を見ると、1994年と2000年では大雨はともに産卵盛期の前にあったのに対し、2004年の2度の大雨は産卵盛期直後と産卵期終盤に相当した。

仔魚が生息する琵琶湖の環境要因として、9~10月の琵琶湖表層の濁度変化をFig. 7に示した。この時期の琵琶湖表層の濁度は、例年2mg/L以下であるが、2004年には台風23号の通過直後である10月21日以降に著しく上昇し、3mg/L以上の濁度が8日間にわたって観測された(Fig. 7)。

**2005年漁期のアユの成長** 2005年漁期中のアユの平均体長は、4月中旬までは過去11年間と比較してほぼ平均的な値で推移したが、4月下旬以降は成長が極めて良好となり、7月上旬には平均体長がこれらの変動幅(60.5~76.7mm)を大きく上回る90.2mmに達した(Fig. 8)。

2005年漁期のアユの高成長をもたらした要因を検討するため、湖水温および夏季の資源密度を過去と比較した。2005年の水深20m層水温は、4月には8.7℃で過去11年間の平均的な値であったが、5月以降はこれらと比べて高い状態が続いた(Fig. 9)。一方、夏季の資源密度の指標値として5月CPUEをみると、2005年の値がこれらの年で最も低かった(Fig. 3b)。

### 考 察

**2005年漁期の不漁の原因** 2005年漁期のアユが生まれた2004年の産卵数や仔魚生息密度は、1993年以降では最も低い水準にあった(Fig. 2)。また、2005年漁期には解禁時からすでに不漁の状態にあった(Fig. 3)。したがって、2005年漁期の著しい不漁は、資源加入量が低水準であったことに起因すると考えられる。

資源加入量の多寡は、産卵数と資源に加入するまで

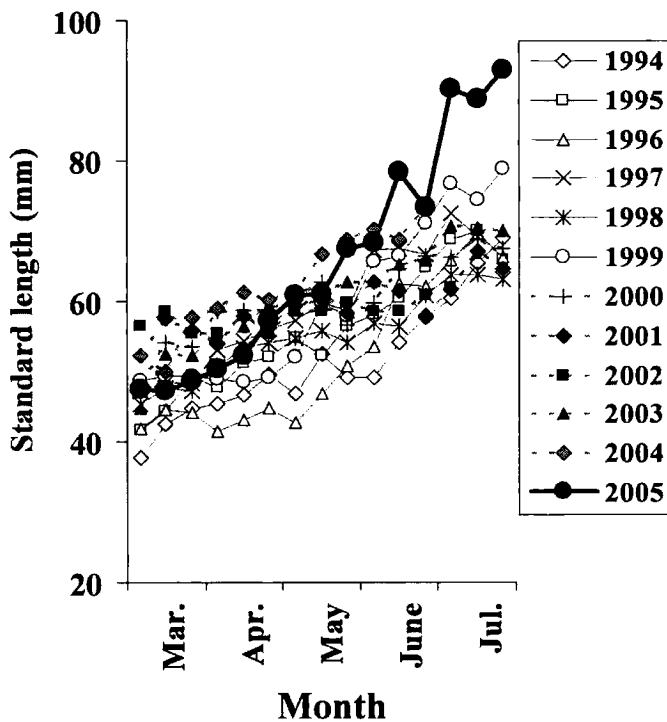


Fig. 8 Changes in mean standard lengths of ayu in Lake Biwa.

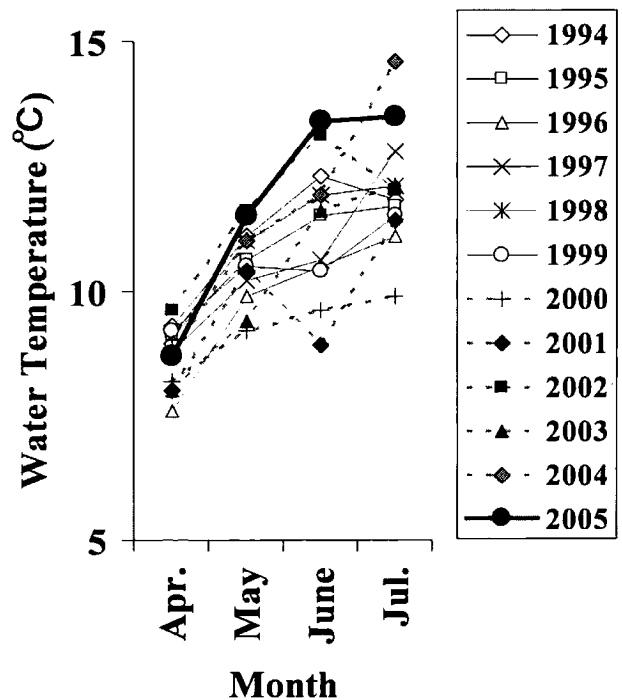


Fig. 9 Changes in water temperature at 20m depth layer in Lake Biwa.

の卵や仔魚の生残率によって決まる。仔魚生息密度に対する産卵数の影響をみるため、両者の関係を比較したところ、産卵数の水準により異なる関係が得られ、天然河川と人工河川における産卵数が200億粒以上では両者に有意な相関関係は認められないが、これ未満では有意な正の相関関係が認められた(Fig. 4)。琵琶湖産アユの仔魚生息密度と産卵数または流下仔魚数との関係は、これまでもいくつかの報告がある。Miura<sup>7)</sup>は11月の仔魚生息密度と産卵数との間に正の相関関係が認められることを、一方、Suzuki and Kitahara<sup>8)</sup>は12月の仔魚生息密度と産卵数から推定した流下仔魚数との間には相関関係が認められないことを、それぞれ報告している。本研究における先述の結果は、産卵数が54億粒以下で年変動していたMiura<sup>7)</sup>の結果とは矛盾しない。また、本研究では、仔魚生息密度は仔魚までの生残指数との間に正の相関関係が認められた(Fig. 5)。これらのことから、琵琶湖産アユの資源加入量の年変動は、仔魚までの生残率の変動とともに、産卵数が一定の水準以下の時には産卵数の変動の影響を受けていると考えられる。なお、Suzuki and Kitahara<sup>8)</sup>が示した結果は本研究とは異なるが、これは仔魚生息密度として利用したデータの時期の違いによるものかもしれない。すなわち、本研究ではこのデータとして10~12月に3回調査したうちの最大値、実際には10月か11月のどちらかの値を使用したのに対し、Suzuki and Kitaharaは12月の値を使用している。この1~2ヵ月間の仔魚の生残率の年変動が、両研究で異なった結果を導いた可能性がある。

琵琶湖産アユの産卵数や卵の生残率を低下させる要因には、大雨による河川の増水が知られている。<sup>7)</sup>産卵盛期に起こる河川の増水は、卵の物理的損傷や埋没、産卵場からの流失等により、多くの卵を死亡させると考えられる。一方、琵琶湖産アユの産卵場の条件は、水深10~30cm、流速30~70cm、底質の砂礫が浮き石の状態にある瀬であることや<sup>39)</sup>、砂礫の表面に藻類や泥が付着していないことであり<sup>40)</sup>、このような条件を満たすために河川の増水は有利に働くと思われる。実際に、海産アユでは産卵期の大雨が資源量を増やす方向に働くと報告されている<sup>41-43)</sup>。すなわち、大雨がアユの再生産に及ぼす影響は、産卵期のいつ起こるかによって異なると考えられる。本研究では、大雨の時期と産卵盛期との関係をみたところ、産卵期間中に大雨があった3カ年のうち、1994年と2000年は9月中旬

の大雨の直後に産卵盛期を迎えており、大雨による河川の増水が、親魚の遡上や産卵場の形成に有利に働いたと推察される(Fig. 6)。一方、2004年には9月上旬から下旬にかけて産卵盛期を迎え、その直後の9月29日に大雨に伴う河川の増水が起こったことから、これにより多くの卵が死亡した可能性が高い(Fig. 6)。

2004年に生まれたアユには、10月20日から2週間程度、一時的な成長の遅滞が認められ、この原因は台風23号によってもたらされた琵琶湖表層の濁度の上昇などの環境攪乱であると推定されている。<sup>44)</sup>そこで本研究では、1993年以降の12年間について、9~10月の琵琶湖表層の濁度を比較した(Fig. 7)。この結果、2004年10月下旬にみられた濁度の上昇は、その高さや継続時間において、例年になく大きい特異な現象であったことが明らかとなった。この現象は台風23号が通過した直後に生じていることから、濁度の上昇は河川からの濁水の流入と内部サージによる底泥の巻き上げによると思われる。これらによって引き起こされる濁度の上昇は、水温躍層付近で極大値を示すことが知られている<sup>45,46)</sup>。本研究で用いたデータは水深0.5mというごく表層の測定値であるが、この時期に水温躍層が形成されていた水深20m付近<sup>37)</sup>では、さらに濁度は高かったと推察される。アユ仔魚は表水層中部から水温躍層付近に分布することから、<sup>47)</sup>2004年生まれのアユ仔魚は、極めて高い濁度に例年になく長期間曝されていたと思われる。濁度の上昇がアユ仔魚の生残率にどの程度の影響を与えたかは明らかではないが、濁りに対する耐性は発育初期のアユの方が低いことから、<sup>48)</sup>ふ化して間もない仔魚に対しては、一時的な成長の遅滞にとどまらず、死に至るほどの影響を与えた可能性がある。

以上のことから、2005年漁期の著しい不漁の原因は、産卵数が少なかったことに加えて、2度の台風によって引き起こされた河川の増水と琵琶湖における長期間の濁りが卵から仔魚の生残率を低下させ、資源加入量が著しく低水準になったためと考えられた。

なお、Fig. 5に示したように、卵から仔魚までの生残指数には大きな年変動が認められた。2004年以外にも同様に生残指数の低い年があることから、今後は仔魚までの生残率に影響する他の要因についても検討する必要がある。

**2006年漁期の資源回復** 2005年漁期中のアユの成長は、4月下旬以降に極めて良好となり、平均体長は7

## 謝 辞

月には過去 11 年間の変動幅を大きく上回る 90mm に達した(Fig. 8)。一般に、魚類の成長にはホルモンなどの内的要因、水温などの外的要因および順位制などの生物社会的要因が影響し、外的要因のうち水温は適正な範囲内であれば高い方が、個体群密度は低い方がそれぞれ成長に有利に作用する。<sup>49)</sup> 琵琶湖産アユでは、湖水温の年間最低値が低い年ほど漁獲サイズが小さくなることが明らかとなっている<sup>3)</sup>。2005 年漁期の湖水温はアユの成育に適正な範囲にあり、5 月以降には過去 11 年と比較して高く推移した(Fig. 9)。また、当年の資源密度は 1994 年以降 12 年間で最も低かった(Fig. 3b)。これらのことから、2005 年漁期のアユの高成長は、低い資源密度と高い湖水温がその一因である可能性がある。

ところで、琵琶湖産アユの抱卵数と親魚サイズには、次の関係式が得られている。<sup>50)</sup>

$$E=0.00101L^{3.618}$$

ここで、E：抱卵数、L：体長(mm)

すなわち、抱卵数は親魚サイズに依存し、体長の増加とともに指数関数的に増加する。琵琶湖産アユの成長速度は 7 月以降滞ることから、<sup>50)</sup> 7 月の平均体長は概ね親魚サイズを表す。2005 年 7 月中旬の平均体長は 88.8mm で、1994～2004 年の平均値 68.7mm (ただし、2002 年と 2004 年は欠測) を 20.1mm 上回っていた。上記の式に当てはめれば、1 個体当たりの抱卵数は 2005 年には約 11000 粒で、過去 11 年間の平均値約 4400 粒の 2.5 倍に相当する。

2005 年のアユの産卵数は、天然河川では 153.3 億粒で前年の 3 倍以上、仔魚生息密度も 251 尾で前年の 4 倍以上に回復した(Fig. 2)。この結果、2006 年漁期の解禁当初である 11 月の CPUE は、1994 年漁期以降で最も高く前年の 3 倍以上に達した(Fig. 3a)。

2005 年のアユの産卵期には、2004 年にみられたような台風に伴う河川や琵琶湖の著しい環境変化はなく、産卵環境や仔魚の成育環境は概ね良好に保たれた(Fig. 6)。さらに、2005 年漁期の不漁を踏まえて親魚不足の懸念から、産卵期前の 8 月 1 日から 20 日間は漁業者による自主的な休漁措置がとられ、人工河川からは例年の約 2 倍に相当する 53 億尾 (産卵数として 58.9 億粒) のふ化仔魚放流が実施された(Fig. 2)。これらも親魚の大型化に伴う抱卵数の著しい増加とともに資源回復の重要な要因であろう。

アユの漁獲情報を提供していただいた滋賀県漁業協同組合連合会ならびに彦根市磯田漁業協同組合および志賀町漁業協同組合の方々、琵琶湖表層の濁度のデータを提供していただいた滋賀県琵琶湖環境科学センター、データのとりまとめに関して有益な助言をいただいた独立行政法人水産総合研究センター内水面研究部の内田和夫室長、さらに、アユ資源調査に従事された歴代の滋賀県水産試験場職員や調査船琵琶湖丸の歴代船長、以上の方々に謝意を表します。

## 摘 要

1. 2005 年漁期のアユが生まれた 2004 年の産卵数や仔魚生息密度は、1993 年以降では最も低い水準にあった。また、2005 年漁期には解禁時からすでに不漁の状態にあった。したがって、2005 年漁期の著しい不漁は、資源加入量が低水準であったことに起因すると考えられた。
2. 産卵数と仔魚生息密度の関係は、産卵数が 200 億粒以上のときには相関はみられないが、200 億粒未満では有意な正の相関が認められた。また、仔魚生息密度は仔魚までの生残指数との間に有意な正の相関が認められた。したがって、琵琶湖産アユの資源加入量の年変動は、仔魚までの生残率の変動とともに、産卵数が一定の水準以下の時には産卵数の変動の影響を受けていると考えられた。
3. 2004 年秋には、2 度の台風の通過によって、産卵盛期直後の 9 月下旬には産卵場である河川が大増水し、10 月下旬には仔魚の生息する琵琶湖表層の濁度が上昇し、長期間継続した。産卵数が少なかったことに加えて、これらの環境攪乱が卵から仔魚までの生残率を低下させたため、資源加入量が少なかったと考えられた。
4. 2005 年漁期中のアユの成長は 4 月下旬以降極めて良好で、平均体長は 7 月には過去 11 年間の変動幅を上回る 90mm に達した。2005 年の夏季にはアユの資源密度が低くかつ湖水温が高かった。このことがアユの高成長をもたらした一因と推察された。
5. 2006 年漁期のアユ資源は、産卵数、仔魚生息密



度がともに前年を大きく上回り、11月のCPUEは前年の3倍以上に回復した。この要因には、親魚の大型化に伴う抱卵数の増加が考えられた。さらには、産卵期の河川や琵琶湖の環境に著しい変化がなかったこと、漁業者による産卵期前の自主休漁や人工河川からのふ化仔魚放流量の増加も資源回復の要因と思われた。

## 文 献

- 1) 近畿農政局大津統計・情報センター(2006)：魚種別・漁業種別漁獲量，平成16年次滋賀農林水産統計年報，129-136，滋賀農林統計協会，大津。
- 2) 岩崎治臣・中 賢治・田沢 茂・氏家宗二(1985)：コアユ資源予測調査(昭和59年度)，滋賀県水産試験場研究報告，39，110-140。
- 3) 西森克浩・岸田 達・松田裕之(1992)：琵琶湖産アユの漁況予測，日本水産学会誌，58(4)，653-657。
- 4) 田中秀具・片岡佳孝・澤田宣雄・酒井明久・井出充彦・孝橋賢一(2002)：琵琶湖におけるアユ仔稚魚の成長と発育，滋賀県水産試験場研究報告，49，17-29。
- 5) 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。
- 6) 田中秀具(2003)：琵琶湖産アユのふ化時期と成長・発育，滋賀県水産試験場研究報告，50，19-33。
- 7) Miura T.(1965)：Population studies based on relative abundance of five different life history stages of ayu, *Plecoglossus altivelis* (Pisces, Plecoglossidae), in Lake Biwa, Res. Popul. Ecol., 8, 87-98.
- 8) Suzuki N.and T. Kitahara(1996)：Relation of recruitment to the number of caught juveniles in the ayu population of Lake Biwa. Fisheries Science, 62(1), 15-20.
- 9) Miura T. (1966)：Competitive influence of isaza, *Chaenogobius isaza*, on ayu, *Plecoglossus altivelis*, in Lake Biwa, Res. Popul. Ecol., 8, 37-50.
- 10) 山村金之助(1965)：昭和41年アユ苗不漁原因について，滋賀県水産試験場研究報告，20，46-72。
- 11) 近畿農政局滋賀農政事務所(2006)：平成17年内水面漁業生産統計調査(概数)，[http://www.shiga.info.maff.go.jp/toukei/suisan/pdf/h17\\_naisuimen.pdf](http://www.shiga.info.maff.go.jp/toukei/suisan/pdf/h17_naisuimen.pdf)
- 12) 遠藤 誠・岩崎治臣・井嶋重尾・井出充彦・太田滋規・孝橋賢一(1997)：コアユ資源予測調査(平成5年度)，滋賀県水産試験場研究報告，46，79-92。
- 13) 遠藤 誠・山中 治・井嶋重尾・井出充彦・孝橋賢一・酒井明久(1997)：コアユ資源予測調査(平成6年度)，滋賀県水産試験場研究報告，46，93-110。
- 14) 遠藤 誠・山中 治・井嶋重尾・井出充彦・孝橋賢一・酒井明久(1998)：コアユ資源予測調査(平成7年度)，滋賀県水産試験場研究報告，47，17-35。
- 15) 遠藤 誠・氏家宗二・田中秀具・井出充彦・酒井明久・片岡佳孝(1998)：コアユ資源予測調査(平成8年度)，滋賀県水産試験場研究報告，47，37-51。
- 16) 太田滋規・片岡佳孝・氏家宗二・田中秀具・井出充彦・酒井明久(2002)：コアユ資源予測調査(平成9年度)，滋賀県水産試験場研究報告，49，157-169。
- 17) 片岡佳孝・田中秀具・井出充彦・澤田宣雄・酒井明久(2002)：コアユ資源予測調査(平成10年度)，滋賀県水産試験場研究報告，49，171-183。
- 18) 孝橋賢一・片岡佳孝・田中秀具・澤田宣雄・酒井明久(2002)：コアユ資源予測調査(平成11年度)，滋賀県水産試験場研究報告，49，185-197。
- 19) 大山明彦・田中秀具・鈴木隆夫・酒井明久・吉岡剛(2003)：コアユ資源予測調査(平成12年度)，滋賀県水産試験場研究報告，50，103-115。
- 20) 鈴木隆夫・氏家宗二・大山明彦・田中秀具・酒井明久(2003)：コアユ資源予測調査(平成13年度)，滋賀県水産試験場研究報告，50，117-129。
- 21) 臼杵崇広・田中秀具・井出充彦・片岡佳孝・大山明彦・大江孝二(2006)：コアユ資源予測調査データ(平成14年度)，滋賀県水産試験場研究報告，51，165-177。
- 22) 臼杵崇広・高橋 誓・片岡佳孝・井出充彦・大山明彦・関 慎介・藤原公一(2006)：コアユ資源予測調査データ(平成15年度)，滋賀県水産試験場研究報告，51，179-191。
- 23) 片岡佳孝・西森克浩・井出充彦・臼杵崇広・大山明彦・関 慎介・藤原公一(2007)：コアユ資源予測調査データ(平成16年度)，滋賀県水産試験場研究報告，52，43-56。
- 24) 酒井明久・片岡佳孝・田中秀具・井出充彦・臼杵崇広・大山明彦・関 慎介(2007)：コアユ資源予測調査データ(平成17年度)，滋賀県水産試験場研

- 究報告, **52**, 57-70.
- 25) 水谷英志, 田澤 茂, 大野喜弘(1973): アユの産卵から流下仔魚までの生残率について. 滋賀県水産試験場研究報告, **25**, 26-30.
- 26) 森田 尚・前河孝志・里井晋一・津村祐司・鈴木隆夫(1997): 琵琶湖定点定期観測 (平成5年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **46**, 157-196.
- 27) 太田豊三・森田 尚・里井晋一・二宮浩司・吉岡剛(1997): 琵琶湖定点定期観測 (平成6年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **46**, 197-232.
- 28) 太田豊三・森田 尚・里井晋一・二宮浩司・吉岡剛(1998): 琵琶湖定点定期観測 (平成7年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **47**, 53-89.
- 29) 鈴木隆夫・森田 尚・吉岡 剛・前河孝志・二宮浩司(1998): 琵琶湖定点定期観測 (平成8年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **47**, 91-123.
- 30) 鈴木隆夫・森田 尚・吉岡 剛・前河孝志・二宮浩司(2002): 琵琶湖定点定期観測 (平成9年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **49**, 67-96.
- 31) 金辻宏明・鈴木隆夫・井嶋重尾・津村祐司・二宮浩司(2002): 琵琶湖定点定期観測 (平成10年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **49**, 97-124.
- 32) 金辻宏明・鈴木隆夫・井嶋重尾・津村祐司・二宮浩司(2002): 琵琶湖定点定期観測 (平成11年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **49**, 125-156.
- 33) 孝橋賢一・井嶋重尾・津村祐司・二宮浩司・山本充孝・里井晋一(2003): 琵琶湖定点定期観測 (平成12年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **50**, 65-101.
- 34) 津村祐司・孝橋賢一・井嶋重尾・二宮浩司・山本充孝・山中 治(2006): 琵琶湖定点定期観測 (平成13年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **51**, 193-219.
- 35) 幡野真隆・孝橋賢一・山本充孝・金辻宏明・遠藤誠・二宮浩司・太田豊三(2006): 琵琶湖定点定期観測 (平成14年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **51**, 93-126.
- 36) 幡野真隆・孝橋賢一・菅原和宏・山本充孝・金辻宏明・二宮浩司・太田豊三(2006): 琵琶湖定点定期観測 (平成15年度), 滋賀県水産試験場研究報告, **51**, 127-161.
- 37) 岡村貴司・幡野真隆・鈴木隆夫・吉岡 剛・佐野聡哉・菅原和宏・山中 治(2005): 琵琶湖定点定期観測データ (平成16年度), 平成16年度滋賀県水産試験場事業報告, 74-103.
- 38) 岡村貴司・幡野真隆・鈴木隆夫・吉岡 剛・佐野聡哉・菅原和宏・田中秀具(2006): 琵琶湖定点定期観測データ (平成17年度), 平成17年度滋賀県水産試験場事業報告, 81-113.
- 39) 西田 陸(1978): びわ湖のコアユの産卵生態, 日本水産学会誌, **44(6)**, 577-585.
- 40) 西田 陸・伏木省三・中 賢治・水谷英志・田沢茂(1974): びわ湖のアユの天然産卵場および産卵群について, 滋賀県水産試験場研究報告, **25**, 31-45.
- 41) 谷口順彦(1989): 海産アユ不漁の原因と対策, 土佐のアユ (谷口順彦・依光良三・西島敏隆・杉浦秀俊編), 209-222, 高知県内水面漁業協同組合連合会, 高知.
- 42) 堀木信男(1991): 和歌山県における海産アユ採捕量の年変動、特に近年における採捕量の激減について, 日本水産学会誌, **57(6)**, 1065-1070.
- 43) 吉本 洋・高橋芳明(2006): 紀伊水道東部海域における稚アユの漁獲量変動要因, 水産増殖, **54(1)**, 89-94.
- 44) 片岡佳孝・西森克浩(2005): 2004年生まれのアユの耳石に認められた成長遅滞, 平成16年度滋賀県水産試験場事業報告, p36.
- 45) Tanaka Y., T. Kimoto and R. Tsuda(1996): Turbid water penetration from Yasu River into Lake Biwa at seasonal thermocline, *Jpn. J. Limnol.*, **57**, 457-465.
- 46) 速水祐一・青木豊明・藤原建紀・向井 浩・田中義光(1996): 琵琶湖における内部サージが栄養塩・懸濁物の輸送に与える影響, 陸水学雑誌, **57(1)**, 39-48.
- 47) 田中秀具・片岡佳孝・井出充彦・太田滋規・氏家宗二・酒井明久(2002): 琵琶湖産アユの仔稚魚期における分布, 滋賀県水産試験場研究報告, 49, 1-15.
- 48) 藤原公一(1997): 濁水が琵琶湖やその周辺河川に生息する魚類へおよぼす影響, 滋賀県水産試験場研究報告, **46**, 9-37.
- 49) 落合 明(1977): 成長, 改訂増補魚類生理 (川本信之編), 216-244, 恒星社厚生閣, 東京.
- 50) 東 幹夫(1973): びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究IV 集団構造と変異性の特徴についての試論, 日本生態学会誌, **23(6)**, 255-265.