

琵琶湖産アユの漁況予測

西森 克浩・岸田 達・松田 裕之

Forecasting of Fishing Condition of Ayu in Lake Biwa

Katsuhiro Nishimori^{*1}, Tatsu Kishida^{*2}, and Hiroyuki Matsuda^{*2}

琵琶湖でのアユ *Plecoglossus altivelis* の漁獲量は1988年には、1,799トンで総漁獲量約4,200トンの43%を占め、また、生産額は約25億円で総生産額約44億円の56%を占めている。¹⁾アユ漁業は琵琶湖漁業の中にあつては魚種別の漁獲量、生産額とも第1位で、最も重要な魚種となっている。また、琵琶湖のアユは養殖用、河川放流用の種苗として全国各地に出荷されており、全国のアユ種苗の約70%を占めるといわれている。²⁾そのため、琵琶湖でのアユ漁の豊凶は県内のみならず全国の関心事となっており、滋賀県水産試験場では、昭和15年度より漁況予報調査研究を実施している。さらに昭和59年度からは、岩崎らによる重回帰分析法による漁況予測³⁾を実施している。しかし、この方法は、観測値に比して説明変数が多いため、重回帰分析の性質上あまり好ましくなかった。

本研究は、より精度の高い予測方法の確立ならびに漁獲量だけではなく漁獲魚の体型の予測も合わせて行うことを目的として実施した。

資料と方法

1. 漁獲量・平均体重

予測に必要な琵琶湖での漁獲重量は、近畿農政局滋賀農林統計事務所の指定3湖沼漁業結果表(琵琶湖)から月別に推定した。

漁獲魚の平均体重は、従来より滋賀県水産試験場が行っている漁況調査の結果を用い、以下のように推定した。標本採集は、琵琶湖沿岸8ヶ所で12月から8月の間に月3回(上旬、中旬、下旬)、6種類の漁具(えり、やな、沖曳網、沖すくい網、刺網、追いさで網)で行い、1漁具につき50個体を測定し、その結果を集計して月別漁具別の平均体重を求めた。月別漁具別の漁獲重量をそれぞれの平均体重で除し、月別漁具別の漁獲尾数を推定し、それを足し合わせて年間漁獲尾数とした。そして、年間漁獲重量を年

間漁獲尾数で除して年間漁獲魚平均体重とした。

2. 稚魚生息状況調査

稚魚生息尾数は、従来より滋賀県水産試験場が行っている水魚(アユの稚魚のこと)生息状況調査結果を用いた。調査水域は、Fig.1に示すように9水域で、1調査での曳網回数は竹生島周辺、今津沖、菖蒲沖から長命寺沖の3水域では各2回、他の6水域では各4回の計30回とした。

これらの水域で、調査船琵琶湖丸(19トン)を用い夜間水深7~8m層を1.67m/secの船速で、角型幼生網(口径2×1m、袋網:GG30)を1回1,000m曳網し、稚魚を採集した。³⁾採集した稚魚は

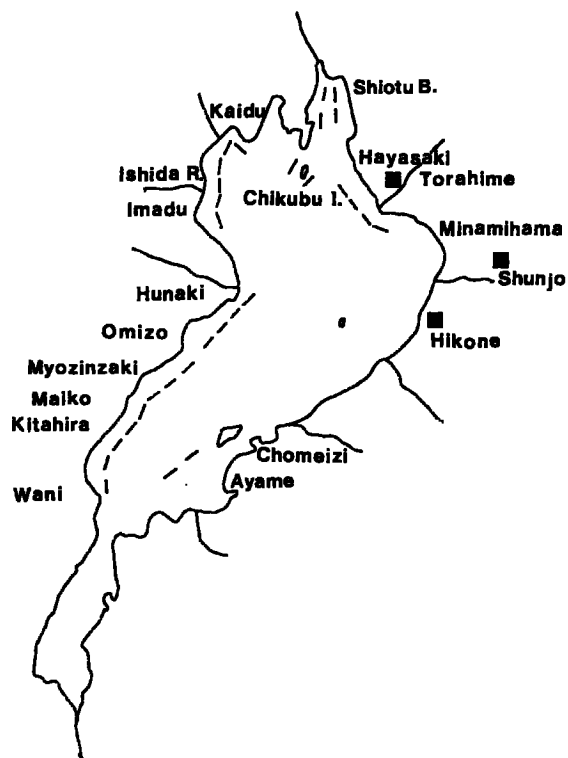


Fig.1. Locations of sampling stations and survey areas. ■: observation stations of the number of days of snowfall; - : larval net survey course.

脚注 ^{*1}滋賀県水産試験場 (Siga Prefectural Fisheries Experimental Station, Hassaka, Hikone, Siga 552, Japan)

^{*2}水産庁中央水産研究所 (National Research Institute of Fisheries Science, Kachidoki, Chuo, Tokyo 104, Japan)

ホルマリン(10%)固定し、帰場後各地点別に尾数を計数した。

調査時期は、11月と12月にそれぞれ1回で、ほぼ新月の日に行った。

3. 積雪日数

アユの体型に影響を及ぼす要因として水温が経験的に知られているため、水温との関連を検討した。今回は、特に年間最低水温を考えた。琵琶湖での年間最低水温は、全水深ともほぼ3月に現われる。^{*}漁況予測は従来より2月に行っているため、年間最低水温を体型を予測する要因として直接用いることはできない。また、1月の水温は、2月の気温や積雪量に大きく影響を受けるため、1月の水温を年間最低水温の指標として用いることもできない。そこで、今回は、最低水温を大きく左右する要因である雪解け水量の指標として積雪日数を用いた。ここでは2月～8月の漁獲魚平均体重を予測しているため、積雪日数は前年12月～1月のものを用いた。滋賀県気象月報によると積雪日数の観測地点は県内に11地点あるが、そのうち雪解け水となって琵琶湖の水温に大きな影響を与えられと考えられる北部の観測地点は5地点(柳ヶ瀬、今津、虎姫、春照、彦根)ある。今回用いた積雪日数は、その5地点のうち1973～1988年の間に欠測値のない3地点(虎姫、春照、彦根)の平均値とした。

今回は、稚魚採集尾数と積雪日数から、年間漁獲尾数、年間漁獲魚平均体重、年間漁獲重量の3つの値を、回帰分析により推定した。

結 果

1. 年間漁獲尾数の予測

菖蒲～長命寺沖を除く8水域(菖蒲～長命寺沖は1984年以前は調査を実施していなかったため)での11、12月を合計した稚魚採集尾数(N)の対数値と翌年の年間漁獲尾数(C_N :単位は億尾)の間には、有意な($p<0.01$)正の相関関係が認められた(Fig. 2)。Fig. 2に示すようにNを対数変換した後もなお、回帰直線は若干上に凸であるため、 $\log_e N$ をさらに対数変換すると、その回帰式は、

$$C_N = -1.9542 + 4.8750 \cdot \log_e(\log_e N) \quad (1)$$

となり、相関係数は0.96であった(但し、1982年の値は、 $p<0.05$ で異常値と認められたので、回帰には用いなかった)。

2. 漁獲魚年間平均体重の予測

水生生物の成長に大きな影響を与える要因に水温

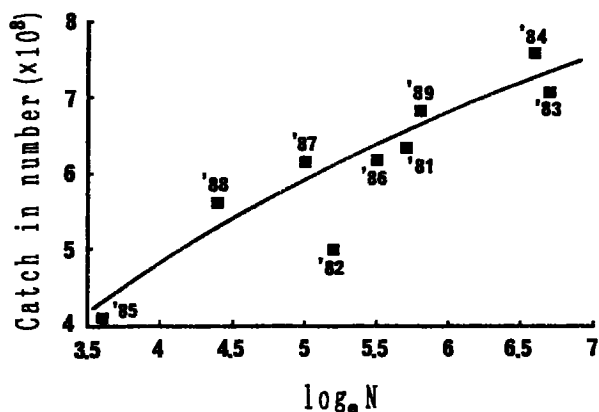


Fig. 2. Relationship between the number of larvae sampled by net survey(N) and catch in number in the subsequent year,

がある。水温はプランクトン食性魚の餌となるプランクトンの発生量に影響を与えると思われるし、変温動物である魚類の代謝に直接影響を及ぼし、成長を左右するとも考えられる。また、急激な水温低下が魚に与えるストレスの影響も考えられる。

Fig. 3に琵琶湖のアユ稚魚の主な生息層である水深30m⁴)の年間最低水温と12～1月の積雪日数との関係を示す。相関係数は-0.90となり有意な負の相関関係を示した($p<0.01$)。また、冬季は水温躍層が形成されず、年間最低水温は全水深ほぼ同値であるため、この関係は全水深で認められる。12～1月の積雪日数は、12～3月の積雪日数の約53%であるが、12～1月の積雪日数を用いれば、その年の最低水温がほぼ予測できることがわかる。

Fig. 4に月別平均体長の年比較を示す。1981、1984年は大雪年で30m層水温も低かった年であり、1983、1989年は暖冬年である。大雪年と暖冬年では2月～4月にかけての成長量に大きな差が認められ、水温低下の影響の大きさがうかがえる。

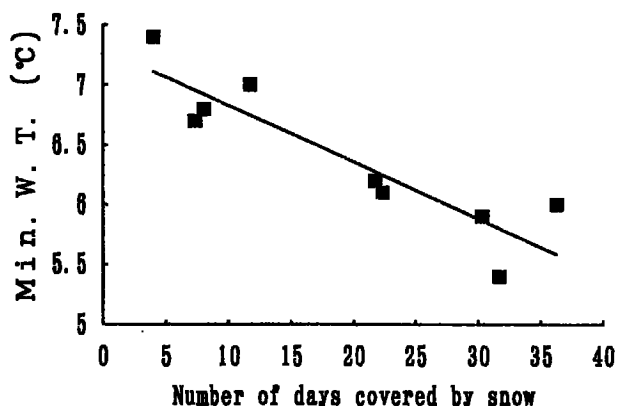


Fig. 3. Relationship between the number of days of snowfall and minimum water temperature at a depth of 30M in lake Biwa.

脚注 *西森克浩、岸田 達、松田裕之、岡本晴夫(発表準備中)

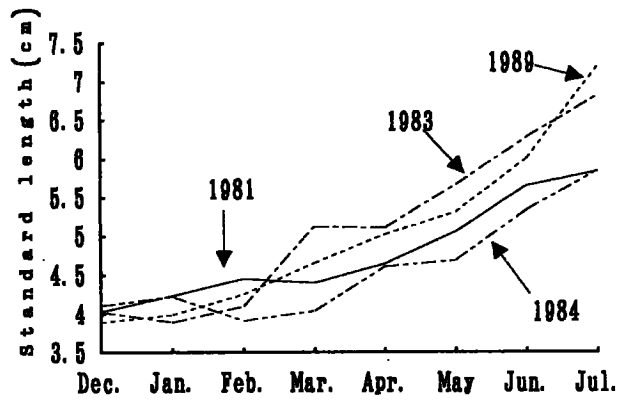


Fig. 4. Monthly change of mean standard lengths of sampled fish, by year.

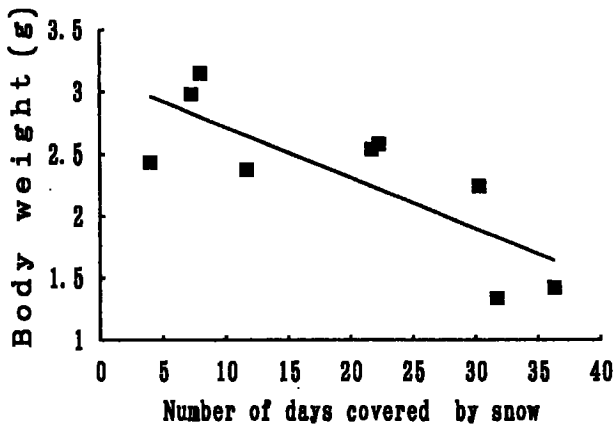


Fig. 5. Relationship between the number of days of snowfall and mean body weight over the year of landed fish.

12月～1月の積雪日数と年間平均体重の間には有意 ($p < 0.05$) な負の相関関係が認められた (Fig. 5)。この関係から、積雪日数の多い年、すなわち年間最低水温の低い年は平均体重が小さくなることがわかる。また、成長が一定でない原因としては、琵琶湖産イサザ *Chaenogobius isaza*⁵⁾ などで知られるように密度依存性が存在することが考えられる。そこで Fig. 6 に稚魚採集尾数と漁獲魚年平均体重の関係を示した。両者の間には、弱い負の相関が認められるが、危険率 5% では有意でなかった。しかし、この期間中、成長に影響を与える水温が一定ではなかったことから、この結果から一概に成長の密度依存性を否定することはできない。年間平均体重 (W) は主に積雪日数 (S) と稚魚採集尾数の対数値 ($\log_e N$) に影響されると考え、これら 2 つを説明変数とした重回帰分析を試みた。重回帰式は、

$$W = 4.7513 - 0.2968 \log_e N - 0.0416 S \quad (2)$$

となり、自由度調整済み決定係数は 0.78 であった。分散分析の結果、回帰は危険率 1% で有意となった。残差分析の結果、残差の非正規性や非線形性、分散

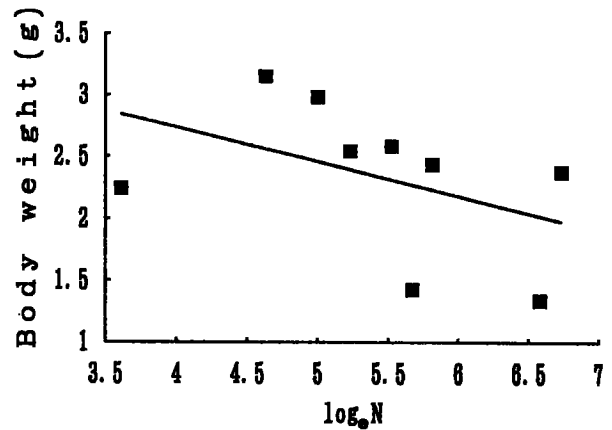


Fig. 6. Relationship between catch of larvae in number (N) and mean body weight of landed fish over the year.

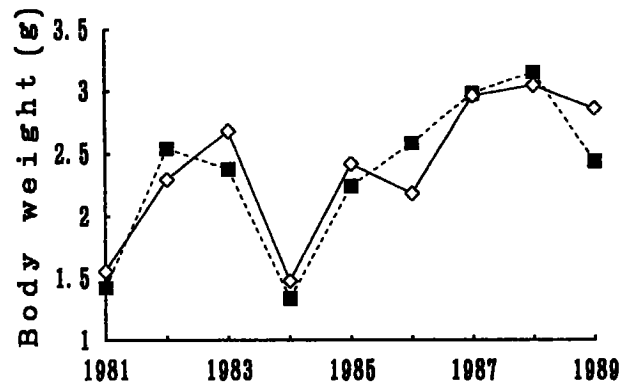


Fig. 7. Relationship between theoretical ($\diamond$) and observed value ($\blacksquare$) of mean body weight of landed fish over the year.

の偏りは認められなかった。

Fig. 7 に年間平均体重の理論値と実測値を示す。1989 年に約 0.4 g (17%) の残差がみられるが、概ね理論値と実測値はよく一致しており、(2) 式で年間平均体重の予測が可能であることがわかる。

3. 年間漁獲重量の予測

年間漁獲重量 C_w は理論的には C_N と W の積であるが、 C_N と W ともに予測誤差を含むので、 C_N と W に関連した因子、 $\log_e N$ 、 $\log_e (\log_e N)$ 、 S の中から説明変数を選択して重回帰分析を行い、自由度調整済み決定係数の最も高くなる回帰式を求めたところ、 $C_w = 1962.0 - 29.3 S$ ($r = -0.93$) (Fig. 8) となった。1989 年に約 275 トン (17%) の残差がみられるが、概ね理論値と実測値はよく一致しており、この漁況予測方法が有効であることがわかる。

このことから、最低水温はアユ資源の収容力にも影響を与えていると考えられる。

考 察

Fig. 2 に示したように、稚魚採集尾数が多ければ

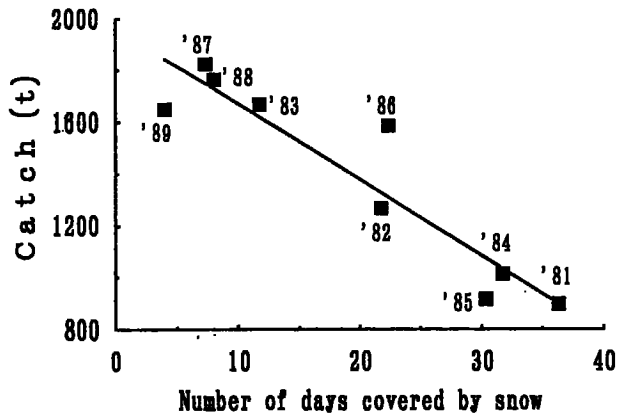


Fig. 8. Relationship between the number of days of snowfall and annual catch in weight.

翌年の漁獲尾数も多くなるが、回帰式が二重の対数式となっていることからわかるように、稚・幼魚期の資源密度が高くなれば生残率が低くなり、漁獲尾数の増加率が減少するという傾向が非常に強いことが認められる。また、この関係に積雪日数を説明変数として取り込むと、自由度調整済み決定係数は低下し、AICは上昇した。このことから、その年の気候は、琵琶湖のアユの体型を大きく左右するが、生残率にはあまり影響しないと思われる。

1982年は前年秋の稚魚採集尾数からすると6億尾程度の漁獲が得られる計算になるが、実際は約5億尾の漁獲しか得られなかった。しかし、その年、湖

中には多量のアユが残存し、産卵期には例年になく多くのアユの遡上がみられた。⁹⁾このことから、1982年についても資源量そのものは漁獲尾数から判断されるほど少なくはなかったと思われる。しかし、資源量に比例した漁獲量が得られなかった原因は不明であり、今後の検討課題としたい。

現在のアユの需要量をみると、6～7億尾の漁獲があれば十分であると思われるが、それ以上の漁獲尾数を望めば、産卵親魚の残存量の増大や産卵親魚の放流量の増加を図らねばならない。しかし、生残率が密度依存的に低下することから、努力の割には漁獲尾数は増大しない。現在のアユの需要は漁獲量とほぼ釣り合っていると思われるので、当面資源密度のこれ以上の増大は不必要であると思われる。

また、(2)式からわかるように、漁獲尾数の増大を望めば漁獲魚の体型が小さくなる。体型が小さ過ぎると出荷までの養殖に時間がかかるし、遡上性が低いため河川放流用として使用できない等の弊害がでてくる。逆に、体型が大き過ぎるとトラックで各地へ輸送する際、単位水槽当りの収容重量が決まっているので、採算が合わなくなるという弊害が生じる。

養殖業者や河川放流業者の望む体型のアユを漁獲しようとする、式(2)より、積雪日数の多い年には稚魚密度を減らさなければならぬし、積雪日数の少ない年には稚魚密度を増やさなければならぬ。以上のように、琵琶湖のアユ資源を管理しようとする

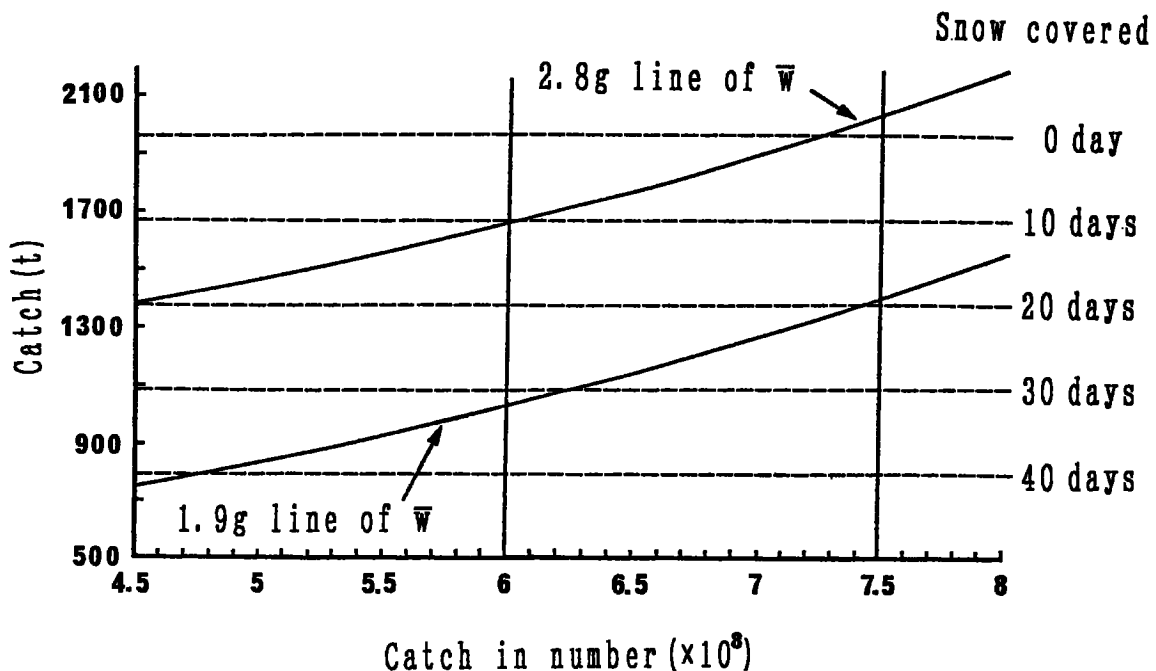


Fig. 9. Relationship between annual catch in number and in weight by days during which snowfall. Broken—linerecangles refer to the area where an optimum size of fish and catch in number can be obtained.

る場合、その年の気候にあわせた管理が必要となる。

(1)、(2)、(3)式を用い、資源密度を操作することによる資源管理の例を示す (Fig.9)。いま仮に業者の望むアユの年間平均体重が1.9~2.8gであり、また、年間に必要とされるアユの漁獲尾数が6.0~7.5億尾であるとする、平均体重の適正範囲と年間漁獲尾数の適正範囲が重なった実線の四辺形内で条件が満たされることになる。積雪日数10、20日のときは、必要漁獲量6.0~7.5億尾の間のほとんどで希望平均体重が得られるが、積雪日数0日であれば、平均体重は非常に大きくなり業者の希望する体重に抑えるには、約7.3億尾以上の漁獲尾数が得られるだけの稚魚密度が必要になる。また、積雪日数30日の場合は、平均体重は非常に小さくなり、約6.2億尾以下の漁獲尾数にとどまるだけの資源密度でなければ希望サイズに達しない。積雪日数40日であれば、平均体重は極端に小さくなり、希望の平均体重を満たせば需要尾数は得られなくなる。(1)式に示したように、漁獲尾数は稚魚採集尾数によって決まるので、積雪日数を勘案しつつ、親魚の放流量の増減や漁期初めでの間引き量の増減をさせることで漁獲尾数と平均体重の調整が可能であるとわれる。しかし、アユの産卵期は秋であり、その時点で冬の寒さを正確に予測できるかどうか、あるいは、必要漁獲尾数を得るための資源密度を達成するためには何尾のアユを琵琶湖に添加すればよいのか等の重要な問題点が残されている。これらのことについては、今後の課題としたい。

謝 辞

標本測定とデータ整理には滋賀県水産試験場の伊庭美智子さんの手を煩わせた、また、標本採集には同場の三崎泰次さんにお世話になった。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

- 1) 近畿農政局滋賀統計情報事務所：昭和63年次滋賀農林水産統計年報、滋賀農林統計協会、大津、1990、pp.132-143.
- 2) 岩崎治臣：滋賀県水産試験場報告、39、68-75 (1985)。
- 3) 岩崎治臣、中 賢治、田沢 茂、氏家宗二：滋賀県水産試験場報告、39、110-140 (1985)。
- 4) 橋詰弥一郎：滋賀県水産試験場報告、9、29 (1958)。
- 5) M.Nagoshi: Ecological Studies on the Population of isaza, *Chaenogobius isaza* TANAKA, in Lake Biwa, with Special Reference

to the Effects of Population Density upon Its Growth, 20-36, 8, Res. Popul. Ecol. (1966)。

- 6) 岩崎治臣、中 賢治、田沢 茂、氏家宗二：滋賀県水産試験場報告、39、76 (1985)。