

霞ヶ浦のワカサギ漁における不漁年の 2002 年と 豊漁年の 2010 年の漁期末における残存資源量推定

根本 孝

Numerical estimation of the amount of pond smelt *Hypomesus nipponensis* in Lake Kasumigaura at the end of fishery season in the two typical yield as a poor catch year in 2002 and rich catch year in 2010

Takashi Nemoto

Abstract

The numerical calculation study was carried on the pond smelt, *Hypomesus nipponensis* in Lake Kasumigaura on the two typical yield as a poor catch year for 22 tons in 2002 and rich catch year for 499 tons in 2010 using the statistical data of the amount of pond smelt stock bought by major fish-food processing companies located around Lake Kasumigaura and the national statistics of agriculture, forestry and fisheries in Ibaraki prefecture. The results obtained are summarized as follows, 1) the amount of pond smelt at the end of each fishery seasons are estimated as 43,000 individuals and 515 kg in 2002, 31 million individuals and 270 tons in 2010. 2) the amount of recruitment at the beginning of each fishery seasons are estimated 9.21 million individuals in 2002, 375 million individuals in 2010.

Key Words : *Hypomesus nipponensis*, pond smelt, Lake Kasumigaura, numerical calculations, trawl fishery

1. 目 的

霞ヶ浦のワカサギ漁獲量は、茨城県農林水産統計年報（以下、農林水産統計という）によれば、1981年から2010年までの過去30年間について、19トンから1,290トンまでの変動を示しており、豊凶が大きいといえる（図1）。特に、近年の過去約10年でみると、1999年から2006年の間は平均38トンで推移しており、それまでの漁獲量の推移からみても低水準期にあった。

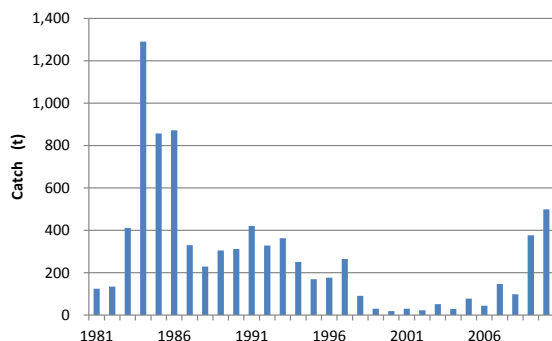


Fig.1 Change of total catch of pond smelt, *Hypomesus nipponensis* in Lake Kasumigaura

図1 霞ヶ浦におけるワカサギ漁獲量の推移

一方、近年2007年以降、漁獲量は増加に転じはじめ、2010年は、24年ぶりとなる1986年の872トンにつぐ499トンの漁獲量を記録した。しかも、前年の2009年の漁獲量も、377トンであり、2000年前後の低水準期から増加していること、また2010年は、低水準期の平均漁獲量の10倍以上もの漁獲量になっていることから、直近年は漁獲量の高水準期にあるといえる。

近年のワカサギに対する漁法は、その漁獲の大部分は、わかさぎ・しらうおひき網漁としての動力船のトロール漁によることが定着している。こうした中、近年の対照的な漁獲量の豊凶を示した年代の、ワカサギの漁獲動向や資源量の変動を比較することは、将来の資源管理方策を検討する上で有効な知見となる。

また、霞ヶ浦のワカサギは、冬に親魚が産卵した後、春にふ化した稚魚は、夏から秋にかけて成長し、次の冬に産卵しおえた後、その当歳魚の大部分がへい死する、概ね年魚としての生活史をもつことから（茨城県1912）、年級群の資源量の変動を把握するためには、1年単位ではなく、より短い時間間隔での漁獲動向を把握することが必要となる。

この点、農林水産統計は、霞ヶ浦の全体の漁獲量を示しているものの、年間の合計値であるため、その間の細

かい漁獲動向の解析ができない。一方、茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所は、長期にわたり、霞ヶ浦北浦周辺に立地する主要な水産加工業者の、ワカサギの集荷量の動向について調査しており、その資料（以下、集荷日誌という）からは、月毎の集荷量の推移を把握することができる。

本研究では、茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所の調査した集荷日誌を活用して、近年のワカサギ漁獲量について、その低水準期にある年間漁獲量 23 トンを記録した 2002 年と、高水準期にある年間漁獲量 499 トンを記録した 2010 年という、2 つの対照的なシーズンのワカサギを対象に、その年級群の資源量変動について数値解析を行い、漁期終了時の残存資源量の推定を試みた。

2. 方 法

2002 年と 2010 年のワカサギの漁獲動向について、茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所の調査による集荷日誌を用いて、農林水産統計の霞ヶ浦における、ワカサギの年間漁獲量とその主な漁法区分である、わかさぎ・しらうおひき網漁業および底びき網漁業（以下、トロール漁という。）の年間出漁隻数を、月別の数量へと按分した。なお、農林水産統計の漁法の区分では、2006 年までは、わかさぎ・しらうおひき網といさごごろひき網に分かれていたが、2007 年以降は底びき網に統合されている。月別に按分したワカサギの漁獲量は、茨城県水産試験場内水面支場が調査している、当該年の月別のワカサギ平均体重のデータから、月別の漁獲尾数に変換した。月別に按分した漁獲尾数と出漁隻数から、1 日 1 隻あたりの漁獲尾数（以下、CPUE, (Catch per unit effort) という）を算出した。

霞ヶ浦のワカサギは、その漁期中はほぼ単一年級群から構成されているとみなすことができることから、その主たる漁法である、わかさぎ・しらうおひき網漁の漁期の、7 月から 12 月までの漁獲期間を経ることで、その年級のワカサギの残存親魚尾数が決定されると仮定した。

月別に区分して立式したベバートン・ホルトの漁獲方程式から、各月の資源量変動のパラメータを算出した（赤嶺 2007）。そして、12 月の漁期終了時の残存尾数である残存資源量は、12 月の期首資源尾数からその月の漁獲尾数と自然死亡数を減じて求めた。自然死亡のパラメータは、各月の全減少係数と漁獲強度との関係について、一次回帰分析することで求め、それはトロール漁の漁期中 6 ヶ月間は、一定であるとした（土井 1975）。

本研究で用いたモデルは以下の定義によった。資源の生残過程の時間関数は、その時点の資源量に比例するとして

$$dN/dt = -ZN = -(M+F)N$$

N: 資源尾数

Z: 全減少係数

M: 自然死亡係数

F: 漁獲係数

となる。次に、生残率 s , 漁獲率 e , 自然死亡率 d とするとき、上式の解から

$$s = \exp(-Z) = \exp(-(M+F))$$

$$e = (F/Z)(1-s)$$

$$d = (M/Z)(1-s)$$

となる。各月について、漁獲尾数 C , 出漁隻数 X , 初期資源尾数 N , 自然死亡数 D とするとき、

$$CPUE = C/X$$

$$N = C/e$$

$$D = Nd$$

とした。なお、資源量指数は CPUE で表し、生残率 s は連続する期の CPUE の比として、

$$s = CPUE(t)/CPUE(t-1)$$

となる。また、漁場面積あたりの漁獲強度 f は、霞ヶ浦の漁場面積 A を 165.2km²（荒山 2010）として、出漁隻数を漁場面積で除したものとすると、

$$f = X/A = X/165.2$$

となる。

3. 結 果

ワカサギの主な漁獲方法としては、トロール漁と定置性の張網漁業に大別される（茨城県 1995）。張網漁業は、ワカサギの産卵期にあたる、1 月 21 日から 2 月末日までの採捕禁止期間以外、周年操業が可能である一方、トロール漁は、茨城県霞ヶ浦北浦漁業調整規則等の規定により、7 月 21 日から 12 月 10 日までの期間で操業可能とされている。しかし、霞ヶ浦のワカサギの漁獲量に占める、トロール漁による漁獲量の比率は、2001 年から 2010 年の 10 年間では、平均 96.8% におよんでいることから、ワカサギの漁獲はほぼ全量がトロール漁によるものといえた（図 2）。

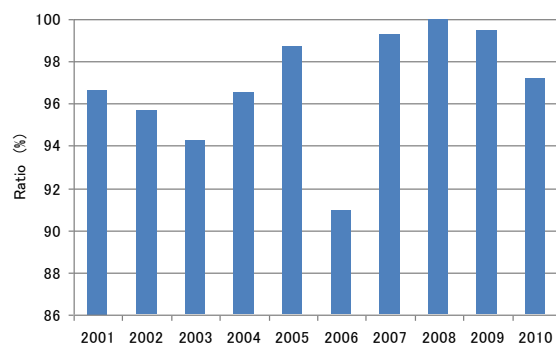


Fig.2 Distributions of percentage of the catch of pond smelt by trawl among the catch of pond smelt

図 2 ワカサギ漁獲量に占めるトロール漁による漁獲割合の推移

ここで、2001 年から 2010 年までの集荷日誌における、トロール漁によるワカサギの集荷量の年間合計数量と、

農林水産統計の底びき網によるワカサギの年間漁獲量との関係を見ると、きわめて高い正の相関を示していた ($r^2=0.99$) (図 3)。

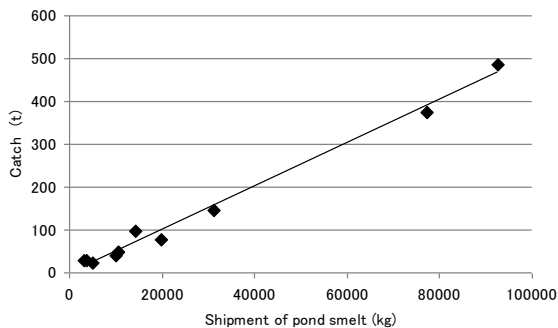


Fig.3 Relationship between the catch of pond smelt and the amount of shipment of pond smelt to the major seafood processing companies around Lake Kasumigaura

図 3 集荷日誌におけるトロール漁によるワカサギ集荷量と農林水産統計の底曳き網によるワカサギ漁獲量との関係

また、2001 年から 2010 年までの 10 年間について、集荷日誌のトロール漁による、ワカサギの年間集荷量の、農林水産統計の底びき網によるワカサギの年間漁獲量に占める割合は、10.9%から 25.8%の範囲で推移しており、その平均は、 $19.4 \pm 4.9\%$ (平均±標準偏差)であった (図 4)。よって、集荷日誌のトロール漁によるワカサギ集荷量から、霞ヶ浦全体のワカサギ漁獲量を推定することは十分可能といえた。すなわち、その月別の集荷量から、霞ヶ浦全体の月別漁獲量を、推定することができる。

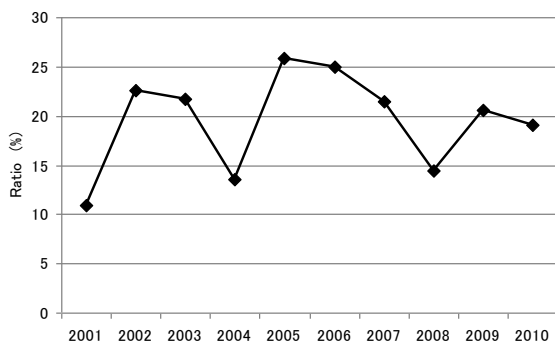


Fig4 Distributions of percentage of the amount of shipment of pond smelt by trawl to the major seafood processing companies among the catch of pond smelt by trawl in Lake Kasumigaura

図 4 農林水産統計の底びき網によるワカサギ漁獲量に対する集荷日誌のトロール漁によるワカサギ集荷量の割合

ところで、資源解析においては、漁獲努力量としての

出漁隻数は重要なパラメータの一つとなるが、農林水産統計では 2007 年以降、その項目は調査対象から除外され、公表されていない。このため、集荷日誌における水揚げ隻数から霞ヶ浦全体の出漁隻数を推定することとした。ここで、2001 年から 2006 年までの、集荷日誌におけるトロール漁の水揚げ隻数と、農林水産統計における霞ヶ浦の底びき網の出漁隻数との関係を見ると、弱い正の相関がみられていた ($r=0.54$, 図 5)。

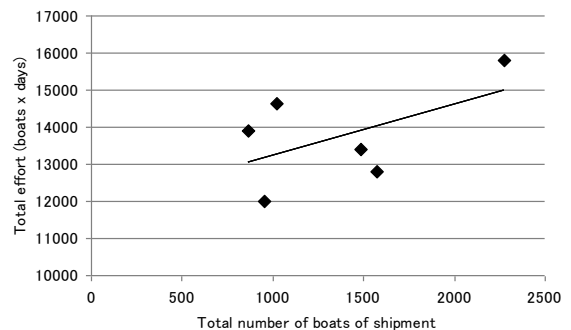


Fig5 Relationship between the total number of trawl boats of shipment to the major seafood processing companies and the total effort of trawl in Lake Kasumigaura

図 5 集荷日誌におけるトロール漁の水揚げ隻数と農林水産統計の底曳き網の出漁隻数との関係

このとき、水揚げ隻数が、霞ヶ浦の出漁隻数に占める割合は、6.2%から 14.4%の範囲で推移しており、その平均は、 $9.8 \pm 3.2\%$ (平均±標準偏差)となっていた (図 6)。

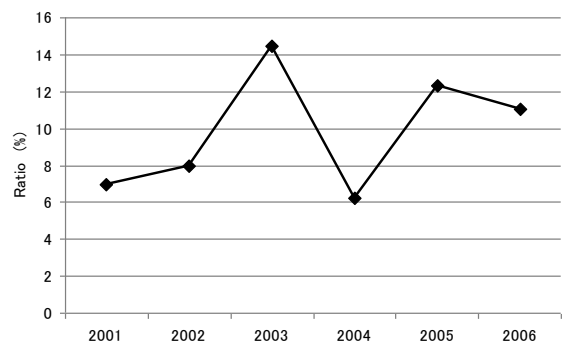


Fig6 Distributions of percentage of the total number of trawl boats of shipment to the major seafood processing companies among the total effort of trawl in Lake Kasumigaura

図 6 農林水産統計の底びき網の出漁隻数に対する集荷日誌のトロール漁の水揚げ隻数の割合

ここで、農林水産統計に公表されていない、2007 年から 2010 年までの霞ヶ浦の出漁隻数は、図 5 から一次回帰式を求め、その年のそれぞれの集荷日誌の水揚げ隻

数から求めた。このとき、一次回帰式は以下のとおりとなった。

$$\text{出漁隻数} = 1.375 \times (\text{水揚げ隻数}) + 11878$$

以上から、2002年と2010年について、その年の集荷日誌から再構成した月別集荷量と月別水揚げ隻数を元に、霞ヶ浦全体の月別トロール出漁隻数、ワカサギ月別漁獲量を求めた。(図7, 8)。

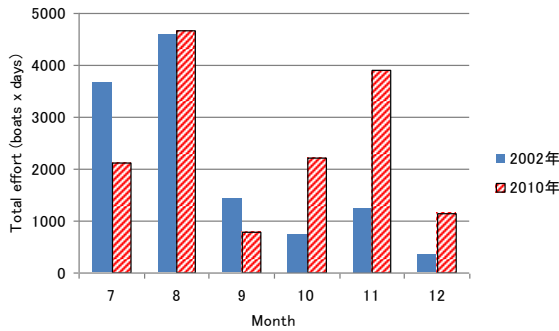


Fig7 Monthly distributions of the estimated total effort of trawl for pond smelt in Lake Kasumigaura in 2002 yr and 2010 yr

図7 霞ヶ浦における2002年と2010年のトロール出漁隻数の月別推移

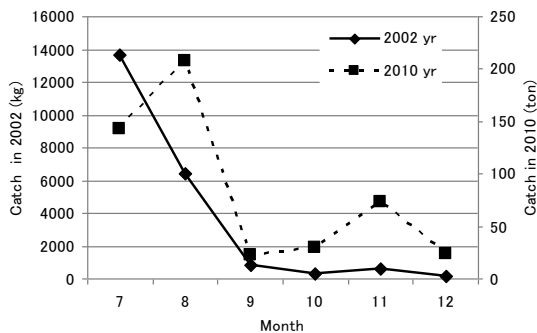


Fig.8 Monthly distributions of the catch of pond smelt by trawl in Lake Kasumigaura in 2002 yr and 2010 yr

図8 霞ヶ浦における2002年と2010年のトロール漁によるワカサギ漁獲量の月別推移

出漁隻数の推移を両年で比較すると、2010年の出漁隻数は2002年よりも、漁期の後半にあたる10月から12月まで間は、大幅に上回っていた。一方、解禁直後の7月は、2002年の出漁隻数が2010年よりも上回っていた。年間出漁隻数で比較すると、2010年の出漁隻数は、2002年の1.23倍であった。

次に、月別漁獲量の推移を比較すると、2010年の月別漁獲量は2002年よりも、各月とも大幅に上回っていた。2010年の月別漁獲量の推移は、8月の漁獲量が最

大となり、9月に大幅に減少し、漁期中の最低となった。しかし、10月には回復し11月に再びピークを迎えた後、12月に減少した。一方、2002年は、解禁直後の7月の漁獲量が最高となり、以後9月にかけて急激に減少した。その後、10月に最底となり11月に小さなピークをみせて、再び12月に減少している。両年とも11月にかけて若干の増加とピークを示した点など、特に9月以降の推移は両年とも同様の傾向で推移したものといえた。

次に、茨城県水産試験場内水面支場が調査した、2002年と2010年の月別のワカサギの平均体重データを用いて、漁獲量を漁獲尾数に変換して、出漁隻数あたり漁獲尾数の月別推移を示した(図9)。

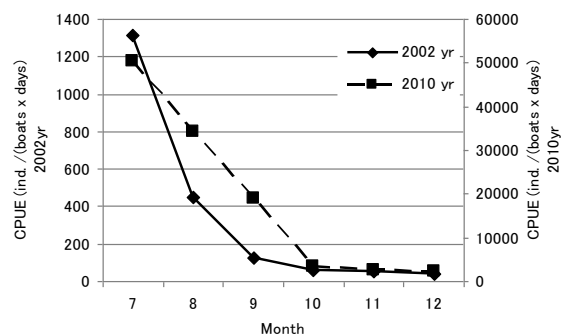


Fig9 Monthly distributions of the catch per unit effort of trawl for pond smelt in Lake Kasumigaura in 2002 yr and 2010 yr

図9 霞ヶ浦における2002年と2010年のトロール漁の出漁隻数あたりのワカサギの漁獲尾数の月別推移

ここで出漁隻数あたりの漁獲尾数は、その時点での資源量指数とみなすことができるので、2010年と2002年の7月の資源量には著しい開きがあったといえた。このとき、2010年の7月の資源量指数は、2002年の38.3倍となった。漁期中の資源量指数の推移では、2002年、2010年とも、解禁直後の7月の資源量指数が最大であり、それ以降12月にかけて資源量水準を低下させている。そして漁期が終了となる12月の時点では、2010年12月の資源量指数は、2002年の62.8倍となり、その開きは7月の時点よりも拡大していた。

ところで、トロール漁の漁期中、7月と12月の操業可能日数は約10日であって、他の月の約3分の1である。そこで、時間経過に伴う資源量指数の減少を表すため、出漁隻数あたりの漁獲尾数の推移を、7月21日の解禁日を1日目、12月10日の終漁日を通算143日目として示した(図10)。

なお、実際のワカサギの集荷はほぼ毎日行われるが、集荷日誌の月別数値は毎月月末日をもって確定するものであるから、ここでは毎月1回月末時に、集中的に漁獲および集荷がされたものとみなしている。

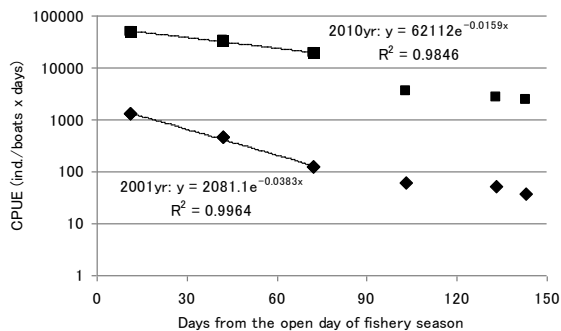


Fig.10 Daily distributions of the catch per unit effort of trawl for pond smelt in Lake Kasumigaura in 2002 yr and 2010 yr

図10 霞ヶ浦における2002年と2010年のトロール漁の出漁隻数あたりのワカサギの漁獲尾数の解禁日からの継日変化

その結果、2002年と2010年はその資源量指数の値は大きく異なっているものの、減少傾向はほぼ同じ形を示していた。その特徴は、両年とも漁期前半と後半で減少傾向が異なっており、前半は傾きが大きく、後半は傾きが小さくなっている点にある。なお、2010年は、9月末日にあたる71日目の資源量指数と、10月末日にあたる101日目の資源量指数にかけての減少傾向は、その前後の期間の減少傾向とは異っていた。

ここで両年について、漁期前半の資源量指数の関数として、それぞれの7月から9月までの数値を用いて回帰式を求めた。その結果、2002年は

$$y=2081.1 e^{(-0.038)x} \quad (r^2=0.9964)$$

となり、2010年は

$$y=62112 e^{(-0.016)x} \quad (r^2=0.9846)$$

y: CPUE

x: 解禁日からの経過日数

となった。

ここで、2002年と2010年について、ワカサギの期別データを整理した(表1、後掲)。

表中、生残率 s は連続する期間、つまり連続する2つの月の資源量指数との比とみなした。次いで、その間の全減少係数 Z が求められる。ここで、7月期の生残率を導くため、前述の回帰式を用いて、 $x=1$ のときの y の値を漁期解禁直前の資源量指数であるとみなし、これらの比をもって7月期の生残率とした。ここで、漁期中の自然死亡係数 M は一定とみなしうるといえるが、漁獲係数 F は、期中毎の漁獲強度 f によって、明らかに変動することから、漁獲係数 F は漁獲強度 f の関数といえる。このとき、漁獲定数を q とすれば、

$$F=q \times f \quad (q=const.) \text{ となる。このとき、全減少係}$$

数 Z は、自然死亡係数 M と漁獲係数 F の和で示されるから、全減少係数は、漁獲強度 f の一次式で示されることとなり、自然死亡係数 M は、全減少係数 Z と漁獲強度 f との一次回帰分析から求められる。このとき

$$Z=M+(q \times f) \quad (M, q = const.)$$

となる。そこで、2002年と2010年について、各期別の漁獲強度 f と全減少係数 Z との相関をみたところ、両年とも弱い相関にあった(図11)。

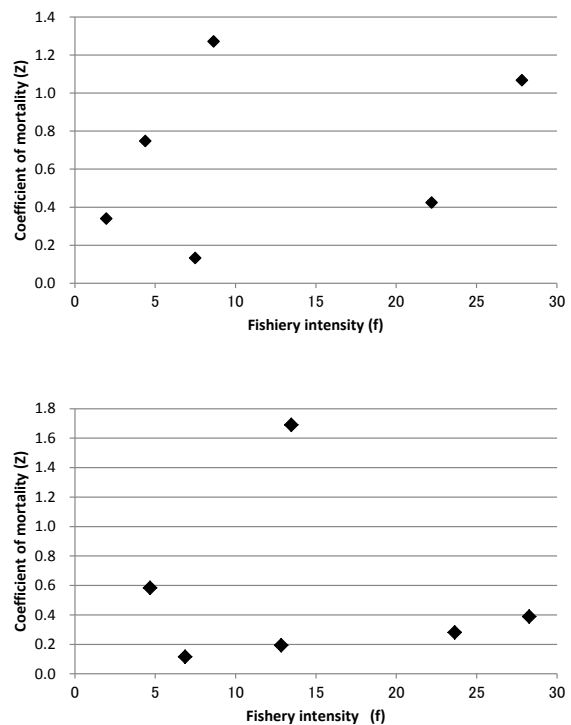


Fig.11 Relationship of fishing intensity and coefficient of mortality (upper: 2002, bottom: 2010)

図11 月別のトロール漁の漁獲強度と月別の全減少係数との関係(上段: 2002年, 下段: 2010年)

各要素をみると両年とも、9月期と10月期の要素が相関を低めていた。この期間は、霞ヶ浦では、ワカサギに次ぐ主要漁獲対象物の一つであるテナガエビが、その新規加入群が、漁場に加入してくる時期にあたり、かつ、この時期は特にテナガエビに対する漁獲強度も高まる時期である(根本ら1995, 富永2006)。そのことが9月期と10月期の要素に影響を及ぼしていることが推察された。そこで、各期別の漁獲強度 f と全減少係数 Z との相関係数のチューニングとして、両年とも、9月期、10月期の要素を除外して一次回帰分析を行った結果、

$$2002年: Z=0.1009+0.0261 f \quad (r^2=0.619)$$

$$2010年: Z=0.0344+0.0118 f \quad (r^2=0.962)$$

となった。この関係式によると、2002年の自然死亡係数は $M=0.10$ 、2010年の自然死亡係数は、 $M=0.03$ となった(図12)。

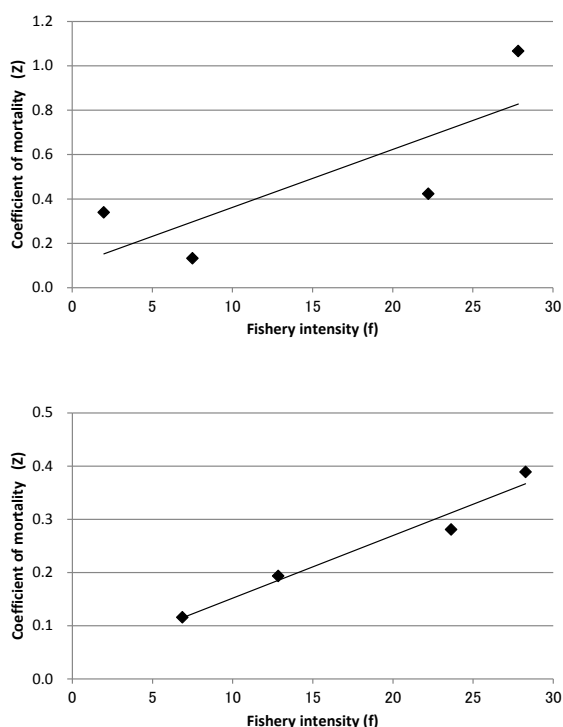


Fig.12 Relationship of tuned fishing intensity and coefficient of mortality with regression line (upper: 2002, bottom:2010)

図 12 チューニング後の月別のトロール漁の漁獲強度と月別の全減少係数との関係(上段:2002年,下段:2010年)

これは、漁期中の自然死亡率が、2002年は9.6%であり、2010年は3.4%であることを示す。

以上から、期別の生残率にもとづく全減少係数は、自然死亡係数と漁獲係数への分解ができたことから、以後順次、定義式により、期別漁獲率 e と自然死亡率 d および期別初期資源尾数 N_t 、期中自然死亡数 D_t を算出した(表2、後掲)。これらから、トロール漁終了時の12月10日現在の残存資源尾数を、12月期の期首資源尾数から12月期の漁獲尾数および自然死亡数を減じて求めた。その結果、2002年の残存資源は43,000尾、515 kg、2010年の残存資源は31百万尾、270トンと推定された。

4. 考 察

今回の研究では、主要水産加工業者の集荷日誌を元として、農林水産統計の関連項目について、霞ヶ浦全体の漁獲動向の推移を月別に解析しているが、両者の統計の方法は完全に一致していないことから、数値の案分においてすでに誤差は生じているといえる。しかし今後、霞ヶ浦全体のワカサギの漁獲動向を詳細に把握する上で

は、農林水産統計の調査項目が減少していることから、主要水産加工業者の集荷日誌の有用性は極めて高いものといえる。もっとも、水産加工業者の集荷の動向は、資源動向のほか仕向け先の需要にも影響を受ける性格にあるから、その利用においてはデータの背景を十分に検討する必要がある。

また同じく、農林水産統計の数値の背景についても、十分な検討が必要である。具体的には、2007年以降、トロール漁は、底びき網という区分で集計されているが、それ以前の2006年までは、わかさぎ・しらうおひき網といさぎ・ごろひき網に分けられていた。すなわち、現在の底びき網区分には、両者の数値が含まれていることになる。しかしこれまでも、いさぎ・ごろひき網によるワカサギ漁獲量は、わかさぎ・しらうおひき網での漁獲量に比べて、極めて小さいものであったことから、現在の農林水産統計区分にある底びき網の漁獲量は、ここではすべて、わかさぎ・しらうおひき網によるものとみなしている。

また、農林水産統計の底びき網区分における出漁隻数は、時期により、わかさぎ・しらうおひき網においても、テナガエビへと漁獲対象を転換する操業船があるが、それらは区別なく計上されている。この点、主要水産加工業者の集荷日誌における、トロール漁のワカサギの集荷量は、ワカサギを主に漁獲する操業船の数値であるため、ワカサギの漁獲実態を忠実に反映するデータといえるものの、霞ヶ浦全体を推計する場合には、出漁隻数の換算において、誤差が生じていること考慮しておく必要がある。このような背景は、図3、図5のとおり、水揚げ隻数と出漁隻数関係は、集荷量と漁獲量との関係よりも、相関が弱いことに現れているといえる。また、この点においては、図7のとおり、2010年について、集荷日誌のデータを元にする月別出漁隻数の推移は、9月に大きく減少し、10月は増加に転じ11月に急激な増加がみられていることにも現れている。つまり、9月の急激な減少は、多くの漁船で漁獲対象魚種が替わったことを反映している。これは、同じトロール漁によっても、9月以降の一定期間、テナガエビを専獲する操業へとシフトする漁船が増加していることを示している。

ここで、霞ヶ浦のテナガエビの生活史は、夏の産卵期にふ化した新規加入群は、秋に稚エビとなって着底することで漁期加入し、急激にその資源量が増大することが知られている(根本, 1990)。このため例年、9月、10月には、テナガエビを対象とする着業船が増加している(根本ら 1995, 富永 2006)。事実、この時期のテナガエビ資源に対しては、水産加工業者側からの需要も高いところでもある。

したがってこの時期は、トロール漁の操業船には、ワカサギを中心に漁獲する船と、テナガエビを中心に漁獲する船、あるいはその両方を漁獲する船といった、操業形態に様々な変化がみられてくるといえる。このように、

トロール漁は、特に漁期中盤の時期において、ワカサギに対する漁獲強度が様々に変化していることから、統計や実質的な漁獲強度の解析においては、さらなる検討が必要といえた。

さて、今回の研究から、2002 年と 2010 年のワカサギ資源は、漁期終了後の残存資源量に極めて大きな差がみられた。このことは、およそ 2 ヶ月後のワカサギの産卵期の総産卵量にも大きな差が生じると考えられることから、結果的に次の漁期の資源量水準に反映されるものと考えられた。例えば、2002 年級群については、その産卵期にあたる 2003 年 2 月に、地元漁協協同組合がワカサギ人工ふ化放流事業のために、湖岸域で張網により産卵親魚を採捕しているが、その採捕した合計数量は 307kg であった。また、2010 年級群についても、同じ体制により、産卵親魚を採捕しているが、2011 年 2 月の産卵親魚の採捕実績は 3,171kg であった。明らかに、両年の残存資源量の多寡が採捕実績に反映していた。

しかし一方で、2002 年級群の 12 月の残存資源量 515kg に対して、翌年 2 月の人工ふ化事業における親魚採捕量が 307kg という高い割合にあることは、一見考えにくいところであるが、12 月 10 日から 2 月の採捕までの間において、ワカサギの産卵成熟の進行による体重増加が見込まれるため、2 月の採捕尾数から考えるとき、その割合は低下すると考えられる。少なくとも、本研究の結果からは、2002 年級群の残存親魚量が 100kg 台のオーダーにあったこと、また、2010 年級群の残存親魚量が 100 トン台のオーダーにあったとみなすことはできよう。

むしろ、本研究では、表 2 にある、7 月の期首資源尾数の誤差が大きいと考えられる。これは、図 10 の指数関数の回帰式を元に算出しているため、7 月期の生残率を求める上で推定した、解禁直前 ($x=1$) とした CPUE が過大になっているといえるためである。もっとも、ここで解禁直前の 7 月の期首資源尾数を、漁期中の全漁獲尾数と漁期中の全自然死亡数と 12 月の残存資源尾数の総和とすると、2002 年の 7 月の期首資源尾数は 9,219 千尾となり、2010 年は 375,000 千尾となり、表中に () 書きで併記した。これは、それぞれ表 2 に示す値の 50.2 % と 50.7 % となるが、むしろ、期別の全減少係数から推定した漁期末の資源量と年間漁獲尾数から後退する形で、7 月の期首資源尾数にさかのぼる点で、VPA による初期資源尾数としてみなせることから、一考に値する (Haddon 2001)。

また、本研究から明らかになったことは、2002 年と 2010 年の資源量指数の減少の形がほぼ等しいことがあげられる。つまり、漁期を通算した場合でも、年間の生残率と全減少係数がほぼ等しい。このとき、7 月期に対する 12 月期の CPUE の比をとれば、2002 年は 2.86%、2010 年は 4.69% であり、年間通算した全減少係数は

2002 年が 3.97、2010 年が 3.25 となる。このことは、2002 年も 2010 年も、その初期資源尾数の多寡にかかわらず、ワカサギに対する漁獲圧力が、ほぼ等量に資源に加わっていることを示唆している。このことは、初期資源尾数が低水準である場合、残存資源尾数も極めて低水準になることから、翌年以降も漁獲量の低水準が連続して続く可能性があることを意味している。

農林水産統計によれば、近年の低水準期は 2006 年までであり、2007 年漁獲量から増加の兆しを見せ始めているが、この理由として、2006 年級の残存資源量とその産卵量は比較的少なかったものの、初春のふ化仔魚の生残率が向上したことで、2007 年級の初期資源尾数への歩留まりが向上したことが、好転の一因として考えられる。事実、2007 年 3 月上旬から 5 月上旬にかけて、霞ヶ浦の湖岸域を踏査して行った、動物プランクトン量の調査によれば、微小動物プランクトンである、ワムシ類の平均発生密度は、前年までの同時期と比較して高まっていたとしていることも(岩崎、私信)、ふ化仔魚の生残率の向上と関連があると考えられた。

今後、霞ヶ浦におけるワカサギの資源管理を行う上では、初期資源量に対応した漁獲圧力の調整を、速やかに、柔軟かつ精度を高めて行えるよう、資源量の推定精度の向上とその実施体制の構築にむけた取り組みも重要となってくるであろう。

5. 引用文献

- 赤嶺達郎(2007):水産資源の基礎, 恒星社厚生閣, 東京, 115pp
- 荒山和則 (2010):霞ヶ浦北浦におけるトロール漁業の解禁前調査に基づくワカサギ漁模様予測, 茨城内水試研報, 43,27-36, (2012年12月3日アクセス, <http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/naisuisi/bulletin/bull43/bull4304.pdf>)
- 茨城県(1995):霞ヶ浦北浦の水産業, 茨城県, 21pp
- 茨城縣水産試験場(1912):茨城縣霞ヶ浦北浦漁業基本調査報告, 第壹卷, 33-40.
- 土井長之(1975):水産資源力学入門, 日本水産資源保護協会, 39-42
- 富永敦 (2006):霞ヶ浦におけるテナガエビ資源の減少と操業形態の変化, 茨城内水試研報, 40,7-21
- 根本孝(1992):霞ヶ浦におけるテナガエビ *Macrobrachium nipponense* のシェルターへの蟻集行動に関する研究, 茨城内水試調研報, 28, 20-34
- 根本孝・庄司邦男(1995):霞ヶ浦におけるテナガエビ資源量の経年変動, 1970年代と1980年代後半との資源量の比較, 茨城内水試調研報, 31,1-22
- Haddon M(2001): Modelling and quantitative methods in fisheries, Chapman and Hall, New York, 406pp

Table 1 Data of monthly catch of pond smelt by trawl in Lake Kasumigaura in 2002 yr and 2010 yr

表 1 霞ヶ浦におけるトロール漁によるワカサギの月別漁獲動向

2002 yr							
Month	Days from the opening of fishery season	Catch (ind.)	Fishing effort (boats x days)	CPUE	Fishery intensity (X / km ²)	Survival rate	Coefficient of mortality
		C	X	C/X	f	s	Z
	1			2003.5			
7	11	4,819,000	3,672	1312.8	22.2	0.655	0.423
8	42	2,079,000	4,599	452.2	27.8	0.344	1.066
9	72	181,000	1,429	127.0	8.6	0.281	1.270
10	103	43,000	727	60.2	4.4	0.474	0.747
11	133	65,000	1,241	52.8	7.5	0.877	0.131
12	143	12,000	326	37.6	2.0	0.713	0.339
Total		7,202,000	11,992				
2010 yr							
Month	Days from the opening of fishery season	Catch (ind.)	Fishing effort (boats x days)	CPUE	Fishery intensity (X / km ²)	Survival rate	Coefficient of mortality
		C	X	C/X	f	s	Z
	1			61126.1			
7	11	106,853,000	2,121	50370.5	12.8	0.824	0.194
8	42	159,462,000	4,671	34137.9	28.3	0.678	0.389
9	72	14,745,000	774	19053.5	4.7	0.558	0.583
10	103	7,819,000	2,225	3514.4	13.5	0.184	1.690
11	133	10,360,000	3,904	2653.7	23.6	0.755	0.281
12	143	2,678,000	1,133	2363.3	6.9	0.891	0.116
Total		301,919,000	14,829				

Table 2 Numerical estimation of the amount of pond smelt at the end of fishery season in Lake Kasumigaura in 2002 yr and 2010 yr

表 2 2002 年と 2010 年の霞ヶ浦におけるトロール漁期末のワカサギの残存資源量の推定結果

2002 yr									
Month	Coefficient of natural mortality	Coefficient of fishery mortality	Catchability coefficient	Catching rate	Mortality	Stock number	Death number	Survived stock number	Survived stock biomass
	M	F	q	e	d	N(t) ind.	D(t) ind.	Sv (ind.)	Sv (t)
						(9,219,000)			
7	0.1009	0.322	0.014	0.262	0.082	18,362,000	1,510,000		
8	0.1009	0.965	0.035	0.593	0.062	3,504,000	217,000		
9	0.1009	1.169	0.135	0.662	0.057	273,000	15,000		
10	0.1009	0.646	0.147	0.455	0.071	96,000	6,000		
11	0.1009	0.030	0.004	0.028	0.095	2,307,000	218,000		
12	0.1009	0.238	0.121	0.202	0.086	60,000	5,000	43,000	0.515
Total							1,974,000		
2010 yr									
Month	Coefficient of natural mortality	Coefficient of fishery mortality	Catchability coefficient	Catching rate	Mortality	Stock number	Death number	Survived stock number	Survived stock biomass
	M	F	q	e	d	N(t) ind.	D(t) ind.	Sv (ind.)	Sv (t)
						(375,000,000)			
7	0.0344	0.159	0.012	0.145	0.031	738,544,000	23,098,000		
8	0.0344	0.355	0.013	0.294	0.028	542,820,000	15,469,000		
9	0.0344	0.549	0.117	0.416	0.026	35,463,000	924,000		
10	0.0344	1.656	0.123	0.799	0.017	9,797,000	162,000		
11	0.0344	0.247	0.010	0.215	0.030	47,204,000	1,445,000		
12	0.0344	0.081	0.012	0.077	0.032	34,809,000	1,130,000	31,000,000	270.6
Total							42,231,000		