

## 6. 資源量推定 ー魚の量を知るー

### 6.1 概要

漁港に水揚げされた魚の銘柄組成（魚市場の仕切り伝票などをから作成）と銘柄別標本の年齢組成（銘柄別に魚を購入して魚体測定や年齢査定を実施して作成）から、漁獲物の年齢組成を求めることができます。ここでは木村（1987）に従い、年齢ー体長関係を用いて、銘柄別漁獲尾数を年齢別漁獲尾数に変換する方法を紹介します。次に年別年齢別の漁獲尾数と自然死亡係数を用いて、漁獲係数と資源尾数を推定する VPA (Virtual Population Analysis、コホート解析とも呼ばれる) を紹介します。年別年齢別漁獲尾数は市場調査などから求めることができますし、自然死亡係数も漁獲物の最高年齢の個体から求められるので、VPA は多くの資源評価で使用されており、平松(2001)に詳しく解説されています。

### 6.2 具体例

#### 6.2.1 銘柄組成から年齢組成への変換(6-vpa.xls - Sheet 6.2.1)

木村（1987）は三重県志摩町片田漁港に水揚げされたイサキ漁獲物の年齢組成を求めています。イサキの大・中・小などの銘柄別漁獲尾数 Sheet 6.2.1-1 とイサキ標本の銘柄別年齢組成 Sheet 6.2.1-2 を用いて、イサキの年齢別漁獲尾数 Sheet 6.2.1-3 を求めます。簡単に言うと、銘柄別漁獲尾数に銘柄別年齢組成から得られる年齢群の割合をかけて、同一年齢の漁獲尾数を合計して、年齢別漁獲尾数を求めるという方法です（能勢ほか 1988）。なお、この例では銘柄別年齢組成が年変動しない場合を想定しています。成長などの年変動により、銘柄別年齢組成が年により異なる場合、毎年の銘柄別年齢組成を求める必要があります。年別年齢別漁獲尾数が求まると、次の VPA を実施することができます。

#### 6.2.2 年別年齢別漁獲尾数を用いた VPA

##### 実用的な VPA(6-vpa.xls - Sheet 6.2.2-1~3)

VPA の Sheet 6.2.2-1 は、年別年齢別の漁獲尾数、資源尾数、漁獲係数の 3 表からなっています。まず、6.2.1 などの方法により求めた年別年齢別漁獲尾数を入力して下さい。そうすると自動的に資源尾数や漁獲係数の値が計算されます。ここで最終年の最高齢と 1 歳若い年齢群の漁獲係数が等しくなるように、最高齢の漁獲係数を調整して求めます。具体的には  $F_{6,2000}/F_{5,2000} = 1$  となるように、 $F_{6,2000}$  を調整します。これにより、全体の漁獲係数と資源尾数が変化します。

年数や年齢群が減る場合、Sheet 6.2.2-2 の「イサキの場合の VPA」のシートを参考にして下さい。年数や年齢群が増加する場合、Sheet 6.2.2-3 の「年・年齢を増加させる場合」のシートを参考に、各表の行や欄をまず増やし、欄のコピーと行のコピーで対応できます。ただし、緑色やグレー部分は水色の部分と異なった数式が入っているので注意してください。

## チューニング VPA (6-vpa.xls - Sheet 6.2.3)

年別年齢別漁獲尾数だけでなく、調査船調査やその他の独立した調査による資源量指数のデータが利用できる場合、VPA から計算される資源量と資源量指数が最も良く合うように、漁獲係数を調整する方法がチューニング VPA です (Sheet 6.2.3)。

チューニング VPA の Sheet 6.2.3 は、年別年齢別の漁獲尾数、資源量指数、資源尾数、漁獲係数の 4 表からなっています。年別年齢別漁獲尾数を入力すると自動的に資源尾数や漁獲係数の値が計算されます。ここで VPA により計算される各年の資源量に比例係数  $q$  をかけた値と各年の資源量指数の偏差平方和が最も小さくなるように、最終年の最高齢より 1 歳若い年齢群の漁獲係数  $F_{5,2000}$  を調整、つまりチューニングします。これにより、資源量指数の変化にも良く合う資源尾数と漁獲係数が計算されます。

なお、この例では資源量指数をチューニングに用いているので、年齢を込みにした資源量を用いています。チューニングするための指数が産卵数や稚魚数の場合、親魚資源量や 0 歳魚資源量を利用することも考えられます。

## 6.3 補足

### 6.3.1 実用的な VPA の各式の導き方

$y$  年の  $a$  才の資源量  $N_{a,y}$  は自然死亡と漁獲死亡により 1 年後には  $N_{a+1,y+1}$  に減少します。 $y$  年の 1 年間の自然死亡だけを考えると  $N_{a+1,y+1}/N_{a,y} = S = e^{-M}$  となり (5 章参照)、これから  $N_{a,y} = N_{a+1,y+1}e^M$  を導くことができます。

次に、この  $y$  年の漁獲による減少が年始めであれば、漁獲量  $C_{a,y}$  を加え、 $N_{a,y} = N_{a+1,y+1}e^M + C_{a,y}$  とすることができます。より現実的な場合として、漁期がほぼ年の中間にありパルス的に漁獲されていると仮定して、半年の自然死亡による減少を考慮した漁獲量  $C_{a,y}e^{M/2}$  を加えると式(1)になり、Pope (1972) の近似式と呼ばれ、多くの資源評価に利用されています。Sheet 6.2.2 a の資源尾数の表の水色部分には下記のこの式が利用されています。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1}e^M + C_{a,y}e^{M/2} \quad (1)$$

一方、資源尾数の表の端のグレーの部分は次式で計算しています。

$$N_{a,y} = C_{a,y}e^{M/2} / (1 - e^{-F_{a,y}}) \quad (2)$$

式(2)を整理すると  $N_{a,y} = C_{a,y}e^{M/2} + e^{-F_{a,y}}N_{a,y}$  となり、漁獲尾数を自然死亡係数で補正した部分に、漁獲されなかった量を加えたことを意味しています。

次に漁獲係数の水色の部分は式(3)で計算されています。漁獲係数は全減少係数から自然死亡係数を除いた値であることを意味しています。

$$F_{a,y} = \ln(N_{a,y} / N_{a+1,y+1}) - M \quad (3)$$

これは次のようにして導くことができます。

$$N_{a+1,y+1}/N_{a,y} = S e^{-(M+F_{a,y})} \text{ から } N_{a+1,y+1}/N_{a,y} = e^{-(M+F_{a,y})} = 1/e^{(M+F_{a,y})}$$

$$e^{(M+F_{a,y})} = N_{a,y} / N_{a+1,y+1}$$

$$\ln(e^{(M+F_{a,y})}) = \ln(N_{a,y} / N_{a+1,y+1})$$

$$M+F_{a,y} = \ln(N_{a,y} / N_{a+1,y+1})$$

$$F_{a,y} = \ln(N_{a,y} / N_{a+1,y+1}) - M$$

なお、ここで示した方法では、緑色やグレーの部分の漁獲係数を次のように仮定しています。まず緑色の最高齢の漁獲係数は1歳若い年齢群の漁獲係数と等しいと仮定しています。また、グレーの部分の漁獲係数は過去の3年の平均値と等しいと仮定しています。これらの仮定は漁業の実状に合わせて変更することも可能です。

### 6.3.2 チューニング VPA の各式の導き方 (平松 2001)

資源量指数が資源量に比例すると仮定して、チューニング VPA では、式(4)のように資源量指数  $I_y$  と資源量に比例係数をかけた値  $qN_y$  との偏差平方和を目的関数として、これを最小にするように漁獲係数を調整します。

$$\sum_y (I_y - qN_y)^2 \quad (4)$$

式(4)のように目的関数を仮定した場合、 $q$  の推定値は式(5)として解析的に表すことができます。

$$q = \frac{\sum_y I_y N_y}{\sum_y N_y^2} \quad (5)$$

またグレーの部分の漁獲係数は以下のように過去3年間の漁獲係数の比を利用して求められています。

$$F_{b,y} = \frac{F_{b,y-1} + F_{b,y-2} + F_{b,y-3}}{F_{a,y-1} + F_{a,y-2} + F_{a,y-3}} F_{a,y} \quad (6)$$

## 6.4 引用文献

- 6.4.1 木村清志. 1987. イサキの資源生物学的研究. 三重大水研報, 14号, 235pp.
- 6.4.2 能勢幸雄・石井丈夫・清水 誠. 1988. 水産資源学. 東京大学出版会. 217pp.
- 6.4.3 平松一彦. 2001. VPA (Virtual Population Analysis). 資源評価体制確立推進事業報告書－資源解析手法教科書－, 日本水産資源保護協会, 104-128.

6.4.4 Pope, F.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. ICNAF Bull., 9, 65-74.

## 6.5 雛形になる文献

6.5.1 一色 竜也. 2006. 神奈川県におけるヒラメ資源尾数の推定について. 神水研研報, 1:59-64.

6.5.2 上田祐司・成松庸二・服部 努・伊藤正木・北川大二・富川なす美・松石 隆. 2006. V P Aと着底トロール調査による資源量から推定された東北海域におけるマダラの漁獲効率. Nippon Suisan Gakkaishi, 72(2):201-209.

6.5.3 後藤友明. 2006. V P Aによって推定された岩手県沿岸に生息するヒラメ *Paralichthys olvaceus* の資源変動と加入特性. Nippon Suisan Gakkaishi, 72(5):839-849.