

3. 標本調査 一何尾の魚を測定すれば良いか

3.1 概要

水産資源解析の第一歩は、漁船や調査船の漁獲物から魚の標本を採集し、調査することです。漁船や漁獲物を採集する際には、現場の状況に合わせて、偏りなく、任意（ランダム）に標本を採集することが大切です。また、採集した標本のデータを用いて、総漁獲量や平均体長、年齢組成、性比などを、ある精度をもって推定したい時、必要な標本数を決めておくことも大切です。標本調査法に関する非常に良い例が土井(1974)に示されています。なお、水産資源解析において標本採集を正確に行うことは、水揚げや競りなどの時間、調査船のスケジュールなど、現場での制約により難しい場合もあります。従って、推定値に高い精度を求めることは難しく、変動係数（Coefficient of variation; CV、注記：補足 3.3.4 参照）は 10%~20%（0.1~0.2）ほどあると考えた方が良いでしょう。また、望ましい標本数を採集することが困難な場合、入手されている標本数で、どの程度の精度が得られるのかを理解しておくことも必要でしょう。

3.2 具体例

3.2.1 総漁獲尾数の場合(3-sampling.xls - Sheet 3.2.1)

漁港に 500 箱の魚が水揚げされる場合を考えます。総漁獲尾数を推定したい場合、500 箱について調査できないので、何箱かを抽出し、推定することを考えます。どのようにすれば良いかを次に示します。

10 箱程度の予備調査で、仮に 1 箱の尾数の平均値 m =約 20 尾、標準偏差 σ =約 10 尾とします。精度として変動係数 $CV=0.1$ とすると、調査する箱の数 $n=24$ が決まります。精度を上げて $CV=0.05$ とすると、調査する箱の数は $n=83$ になります（3-sampling.xls -- Sheet 3.2.1）。

3.2.2 平均値の場合(3-sampling.xls - Sheet 3.2.1)

ハマチ養殖で 10m×10m×10m の小割養殖網に約 3000 尾のハマチが収容されており、このハマチの平均体重を推定する場合を考えます。予備調査で 10 尾を測定し、仮に平均値 $m=1$ kg、標準偏差 $\sigma=200$ g とします。精度として変動係数 $CV=0.05$ を設定すると、全体の尾数 $N=3000$ 、平均値 $m=1.0$ 、標準偏差 $\sigma=0.2$ から、調査すべきハマチ尾数 $n=16$ が求まります。当然のことですが、精度を上げるためには、たくさんのハマチを測定することが必要になります（3-sampling.xls - Sheet 3.2.1）。

3.2.3 割合の場合(3-sampling - Sheet 3.2.2)

1 歳から 5 歳以上のヒラメが漁獲されている場合を考えます。漁獲物の年齢組成を推定しようとする、割合の少ない年齢群を考えて標本を採集する必要があります。5 歳以上は全体の 5%以下、つまり $P=0.05$ であるとし、これを正確に把握することを考えます。

例えば漁港でヒラメの水揚げがあり総漁獲尾数が 10000 尾前後だとしましょう。精度として変動係数 CV=0.05 とすると、Sheet 3.2.2 の尾数 N=10000、P=0.05、CV=0.05 とすると、n=4318 尾を測定することが必要となります。精度を下げた CV=0.1 とすると、n=1597 尾を測定することが必要となります。このように精度と費用や労力とのかね合いを考えて標本数を決めることとなります。

3.3 補足

3.3.1 総漁獲尾数の場合の補足

予備調査等の結果から 1 箱の平均尾数を m、標準偏差を σ とすると

箱数=N=500 箱で引き伸ばした総漁獲尾数=X=Nm

総漁獲尾数の分散= $\sigma(X)^2=N^2 \cdot ((N-n) / (N-1)) \cdot (\sigma^2 / n)$

総漁獲尾数の変動係数= CV= $\sigma(X) / (Nm) =$

$$= \frac{\sigma}{m} \sqrt{\left(\frac{N-n}{n(N-1)} \right)}$$

最後の式で N と m と σ が分かっているので、CV を与えると n が求まります。

3.3.2 平均値の場合の補足

予備調査等の結果から標本数 n の平均体重を mkg、標準偏差を σ kg とすると

母集団の総数= N

標本数= n

平均値= m

変動係数=CV = $\sigma / m \times \sqrt{((N-n) / (n(N-1)))}$

$$= \frac{\sigma}{m} \sqrt{\left(\frac{N-n}{n(N-1)} \right)}$$

最後の式で N と m と σ が分かっているので、CV を与えると n が求まります。

3.3.3 割合の場合の補足

母集団の総数=漁獲尾数など= N

標本尾数= n

割合 (性比、未成熟魚の割合、魚種組成など) = P

変動係数=CV = $\sqrt{((1-P) / P)} \sqrt{((N-n) / (n(N-1)))}$

$$= \sqrt{\frac{(1-p)(N-n)}{p n(N-1)}}$$

最後の式で N と P が分かっているので、CV を与えると n が求まります。

3.3.4 ばらつきの指標としての変動係数

標準偏差を平均値で割った値を変動係数と言い、ばらつきの指標として使われます。例えば測定値の変動係数が 0.01 の時、長さ 1m の物を何度も測ったとすると、通常過半数（測定誤差が正規分布に従う場合は約 68%）が $1\text{m} \pm 0.01\text{m}$ の範囲となります。ここでは変動係数を推定値のばらつきの指標として使っています（杉本, 2012）。

3.4 引用文献

3.4.1 土井長之. 1974. II. 水産資源力学入門(2) 5. 標本調査法. 日本水産資源保護協会月報, No. 125:5-10.

3.4.2 杉本典夫. 2012. 統計学入門

<http://www.snap-tck.com/room04/c01/stat/stat0001.html>, (参照 2012-06-10)