

魚類個体群の再生過程の予測モデルにおける増加率パラメータ Growth rate for modeling reproductive processes of fish populations

○竹村武士*・水谷正一**・渡部恵司*・小出水規行*・森 淳*・朴明洙***
Takemura, T., Mizutani, M., Watabe, K., Koizumi, N. Mori, A. and PARK, M.

1. はじめに

約 40 万 km にも及ぶ農業水路（農林水産省調べ）は、必然、多数の分断点を抱えている。必要度や緊急度に応じて（森, 2000）、ネットワーク化を進め、効果的に魚類個体群の保全、再生を図る必要がある。それにはネットワークの配置や求められる機能に関する予測と検討が重要である。この観点から、著者らはネットワーク化を考慮可能な個体群動態モデルの開発を目指している。モデルは個体群成長を表す増加率パラメータ r を要するが、設定値の知見は少ない。また、著者らの目指すモデルでは、設定値の精度の追究より、むしろ、ネットワーク化の効果を過大評価せぬよう厳しめの値とすることが重要と考えられる。

本研究では、タモロコを対象に、全長組成調査（2009 年 4 月実施）結果と再生産に係る既往知見を基に、また、野外個体群動態の貴重な知見である、イワナ属の知見を援用して、著者らの目指すモデルにおける r の設定値について検討した。

2. 材料と方法

1) コホート生命表 コホート生命表には同齡出生集団（コホート）の各年齢時の生残率や産卵数が記載され、ここから近似的 r を算出できる（Begon et al, 2003）。ここでは、次のようにコホート生命表を得た。まず、全長組成調査結果に対して全長組成解析（相澤・滝口, 1999）を行い孵化卵数以外の齡構成を推定した。次に、その齡構成を安定齡構成 ($N_{t,0} : N_{t,1} : N_{t,2} = \text{Const.}$ 、 $N_{t,j}$: 時刻 t における j 歳の個体数) と仮定し、産卵数 (m_j : j 歳の雌 1 個体を親魚とする孵化卵数) は矢田 (1979) と中村 (1969) を参照した。 $N_{0,0}$ には 1000 個間隔で 1000~35000 の値を、 $N_{0,1}$ 、 $N_{0,2}$ には解析結果を、各々与えて、 l_1 、 l_2 、 r を求めた。 l_j は j 歳時の生残率 ($N_{j,j}/N_{0,0}$) で、 $1 \geq l_1 > l_2$ が条件となる。なお、簡単のため雌雄比は各年齢とも 1:1、孵化率は 50%、生命表の対象は雌個体のみとした。

2) シミュレーション 前節では安定齡構成を仮定し、 l_j を一定とした。しかし、野外個体群では l_j が変動するのが自然で、また、値の不確かさを補う上でも l_j 、ひいては r に変動を与える方が望ましい。そこで、イワナ属に関する知見を参考に L_j ($N_{t,j}/N_{t-1,j-1}$) に変動を与えた。これにより l_j は常に変動する。手順は次の通りである。斎藤 (1975) の約 10 箇年分のイワナ属の L_j ($L_1 : 0.0033 \sim 0.0439$, $L_2 : 0.3226 \sim 0.8641$) は対数正規分布で近似できた。そこで、その変動係数をタモロコの場合も同様であることを仮定した。そして、対数正規分布に従う乱数を得て、その逆対数変換から得た値をタモロコの L_j とし、計算期間を 20 年、繰返しを 1000 回とする個体群成長のシミュレーションを実行した。その結果から式(1)により r を算出した。

$$r = \ln(\sum_{j=1} N_{t,j} / \sum_{j=1} N_{0,j}) / t \quad (1)$$

3. 結果と考察

1) 安定齡構成の仮定から 図 1 は全長組成解析結果で、ここから齡構成を設定する場

*農村工学研究所 (National Institute for Rural Engineering), **宇都宮大学農学部 (Faculty of Agriculture, Utsunomiya University), ***韓国農漁村研究院 (Korea Rural Community Corporation)

キーワード: 魚類個体群, 個体群動態, タモロコ, ネットワーク化, 増加率

合を case-A と呼ぶ. 一方, 産卵期の漁獲個体の大部分が満 1 年魚だったという報告 (中村, 1969) をみると, 図の 1 歳魚 (Age-1), 2 歳魚 (Age-2) は, 実はともに Age-1 で, 全長の差異は, 例えば, 孵化時期の違い等に依るのかも知れない. その可能性を考慮し, 全長 90mm を Age-1 と Age-2 の境界として (中村, 1969) 年齢構成を設定したものを case-B と呼ぶ. case-A と B では l_1, l_2, r は全く異なる (図 2). case-A では, $l_1 \geq l_2 > l_1$, さらに $r < 0$ は個体群の縮小を意味するので避けて $r \geq 0$ を条件とすると, $N_{0,0}$ はおよそ 20000 ~ 24000 程で r は最大 0.28 程, l_1 は 0.003 ~ 0.004 程となる. 一方, case-B では $N_{0,0}$ がおよそ 2000 以上であろうこと以外範囲を絞りきれず, r は最大 3.9 程, l_1 は 0.64 程となる. 何れがより正確かは別として, 著者らが目指すモデルでは r は厳しめの値が望ましいので case-A を基本とする. なお, イワナ属の $L_1 (=l_1)$ にみたように, l_1 には 2 桁程の変動幅が予測される. そこで, 便宜的に $\bar{l}_1 = \sqrt{l_1 \times l'_1}$ ($l'_1 = 10 \times l_1$) として先述の方法でシミュレーションを実行する.

2) シミュレーション 密度効果を加味していないので個体群は概ね右肩上がり指数成長するが, 成長速度に大きな幅ができた (図 3). 例えば, 翌年には約 20 倍に成長するケースのある一方, 多少の減少がみられるケースもある. 式(1)から算出される r の幅は, ごく短期間では大きいですが, 年を経るごとに縮小する (図 4). 著者らが目指すモデルでは, 計算期間に応じて r の変動幅を設定する必要があるものと考えられる. また, 平均的 r として 1.20 ~ 1.30 程の値は, このとき e^r (ある年の個体数とその前年の個体数の比) が 3.32 ~ 3.67 程であり無理のない値と考えられ, 目指すモデルで r を先述の程度とすることに大きな問題は無いであろう.

4. おわりに 著者らは, ネットワーク化により新たに利用可能となる生息地における個体群動態を予測し, 効果的なネットワーク化の在り方を様々なシナリオから比較, 検討できる, 個体群動態モデルの開発を目指している. 今後, 効果的な水域のネットワーク化を図っていくための, 事前の検討を可能とするモデルの開発に繋げていく予定である.

参考文献 1) 森誠一 (2000): 応用生態工学, 3, 235-241. 2) Begon M et al. (2003): 生態学, 堀道夫訳 3) 相澤康, 滝口直之 (1999): 水産海洋研究, 63(4), 205-214. 4) 矢田敏晃 (1979): 大阪府淡水魚試験場研究報告, 5, 1-6. 5) 中村守純 (1969): 日本のコイ科魚類. 6) 斎藤雅 (1975): 海洋科学, 7, 49-54.

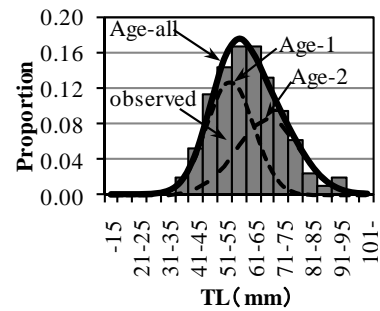


図 1 全長組成解析結果 (Result of analyzing total length frequency)

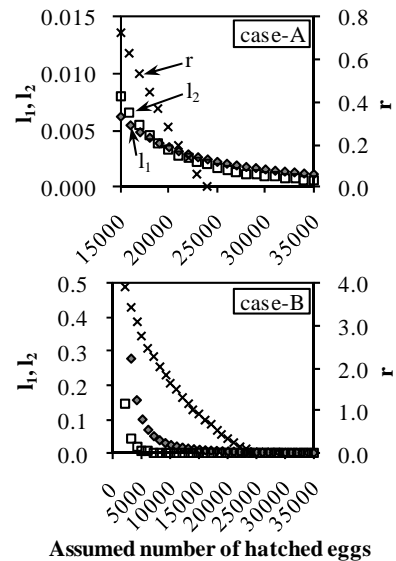


図 2 l_1, l_2, r の算出 (Calculated values of l_1, l_2 and r .)

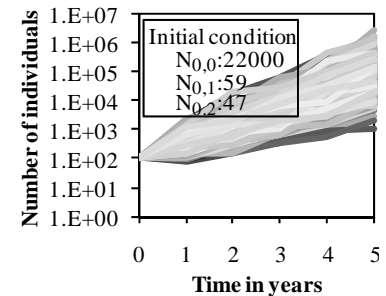


図 3 シミュレーション結果の例 (Example of results of simulation)

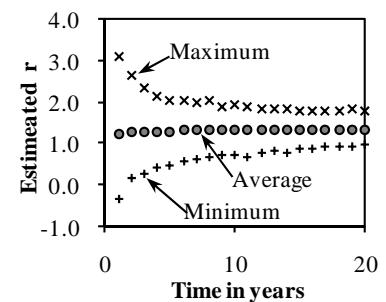


図 4 式(1)から算出した r (Calculated values of r by equation(1))