

生態学 (1 / 3)

(注意) 問題 [1] [2] [3] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

[1] クジャクやカブトムシなどの多くの動物において、雄は雌とは異なる装飾的な形質 (美しい羽根や立派な角など) を発達させている。これは、雌が雄を選ぶためだと考えられている。(計 30 点)

- (1) 雌が装飾的な形質をもつ雄を選ぶことで得られる淘汰における利益は、直接的利益と間接的利益があると考えられている。間接的利益とはどのようなものか、説明しなさい。(8 点)
- (2) 間接的利益を通じて雄の装飾的な形質が進化するうえでは、装飾的な形質が「正直なシグナル」である必要があるとの議論がある。「正直なシグナル」とはどのようなシグナルかを説明しなさい。(7 点)
- (3) ヨウジウオ類など一部の動物では、雄ではなく雌が装飾的な形質を持っている。これは、雄が雌を選ぶからだと考えられる。雄が雌を選ぶことを実証するために、どのような実験を行えば良いかを説明しなさい。(8 点)
- (4) ヨウジウオ類において雄が雌を選ぶのは、雄がどのような性質をもつためかを説明しなさい。(7 点)

[2] 有性生殖をおこなう雌雄異体の動物において、母親が産む息子と娘の割合 (出生時点での性比) は、多くの場合 1 : 1 である。この現象は、以下のような簡単なモデルで説明できる。母親が息子を x^* , 娘を $1-x^*$ の割合で産んでいる集団を考える。この集団において、息子を x , 娘を $1-x$ の割合で産む変異型の母親があらわれた場合、この母親の相対的な繁殖成功度 W は以下の式であらわされる。

$$W(x, x^*) = \frac{1}{2}(1-x) + \frac{1}{2}x \frac{1-x^*}{x^*} \quad (1)$$

ここで、変異型の母親の $W(x, x^*)$ は、その母親自身の出生性比 x と、他の母親の出生性比 x^* の関数であることを示している。突然変異によって x が変化しても、他の母親の出生性比 x^* は変化しない。母親が息子を x^* の割合で産んでいる集団において、その割合を変えるどんな突然変異も不利となる条件は、 $W(x^*, x^*) > W(x, x^*)$ である。この条件を求めるには、式(1)を x で微分し、極値を求めればよい。

$$\frac{\partial W}{\partial x} = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{1-x^*}{x^*} = 0 \quad (2)$$

生態学（2 / 3）

（注意）問題 [1] [2] [3] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

より、 $x^* = \frac{1}{2}$ が導かれる。この出生性比は進化的に安定な性比と呼ばれる。

有性生殖をおこなう雌雄異体に関するこのモデルを応用して、有性生殖をおこなう雌雄同体の植物における花粉と種子への投資配分戦略を考えてみよう。花粉を m^* 個、種子を f^* 個作る植物個体で占められている集団を考える。この集団に、花粉を m 個、種子を f 個作る変異型の植物個体があらわれた場合を考える。なお、花粉 1 個の生産コストを a 、種子 1 個の生産コストを b とし、 $am + bf = R$ という資源制約があるものとする（ R は植物個体が花粉・種子に投資できる資源の総量）。（計 30 点）

- （1） この変異型の植物個体の相対的な繁殖成功度 W を m, f, m^*, f^* を用いてあらわしなさい。（6 点）
- （2） 突然変異によって花粉生産数（ m ）が 1 個増えたとき、 f はどのように変化するか。（6 点）
- （3） 植物個体が花粉を m^* 個生産している集団において、その生産数を変えるどんな突然変異も不利となる場合の花粉生産数（進化的に安定な花粉生産数）を求めなさい。（6 点）
- （4） 有性生殖をおこなう雌雄同体の植物の集団において、しばしば雄性不稔（雌）の変異型が生じることがある。このような雄性不稔（雌）個体の相対的な繁殖成功度を上記の記号を使ってあらわしなさい。（6 点）
- （5） このような雄性不稔（雌）の変異型が集団中で広がるには、どのような条件が必要か。（6 点）

生態学（3 / 3）

（注意）問題 [1] [2] [3] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

[3] 指数的増殖（マルサスの増殖ともいう）する個体群では、個体数は $N_t = N_0 e^{rt}$ という式で表される。ここで、 N_t は時刻 t における個体数を表し、 r は瞬間増加率（マルサス係数）である。純繁殖率（記号 R_0 で表す）は 1 個体が次の世代に残す子の数であり、ある世代の個体数を M とすると、次の世代の個体数は $R_0 \cdot M$ である。（計 40 点）

（1）指数的増殖をする個体群において、個体数が減少しているとき、 r はどんな値をとるか。また、 R_0 はどんな範囲の値をとるか。（2 点）

（2）以下の式は指数的増殖の式を微分方程式で書き表したものである。右辺の空欄に相当する式を書きなさい。ただし、 t は時間、 N は個体数を表す。（4 点）

$$\frac{dN}{dt} =$$

（3）それぞれが指数的増殖する 2 つの個体群 A と B があり、その時刻 $t=0$ における個体数はどちらも P であった。時間 s 経過後の時刻 $t=s$ には、2 つの個体群の個体数の比（A の個体数/B の個体数）は 9 であった、時間 $3s$ 経過後の時刻 $t=3s$ には、2 つの個体群の個体数の比はどんな値になっているか。（10 点）

（4）指数的増殖では、実際の個体数の変化の重要な特徴である密度依存性はどのように取り扱われているか。50 字以内で説明しなさい。（10 点）

（5）密度依存性を伴う個体数の増殖を表すモデルの代表的なものがロジスティック的増殖であり、ロジスティック的増殖を表現した式をロジスティック式と呼ぶ。以下の式はロジスティック式を微分方程式の形で書き表したものである。右辺の空欄に相当する式を書きなさい。ただし、 t は時間、 N は個体数を表す。 t 、 N 、 r 以外の記号を使うときはその意味を書きなさい。（4 点）

$$\frac{dN}{dt} =$$

（6）指数的増殖とロジスティック増殖のそれぞれについて、 N を横軸、 $\left(\frac{1}{N} \cdot \frac{dN}{dt}\right)$ を縦軸にとったグラフを描きなさい。ただし、 t は時間、 N は個体数を表す。（10 点）