

## 問題番号 [ 1 3 ] <生態学>

個体群の増殖（成長あるいは生長とも呼ぶ）についての以下の文章を読み、(1) から (6) の問いに答えなさい。（計 50 点）

齢別生存率 ( $l_x$ ) および齢別出生数 ( $m_x$ ) と瞬間増殖率（マルサス係数）の間には、瞬間増殖率を  $r$  とすると、Lotka の式あるいは Lotka-Euler の式などと呼ばれる、以下の式 1 が成り立つことが知られている。

$$1 = \sum_{x=0}^{\infty} (l_x m_x e^{-rx})$$

式 1

ここで  $x$  は齢を表す。

(1) 純繁殖率（通常、記号  $R_0$  で表される。純増殖率と呼ばれることもある）は、1 個体が一生の間に平均してどれだけの子を残すかを表す値である。純繁殖率を、 $l_x$  および  $m_x$  を使って表しなさい。（10 点）

(2)  $l_x$  を  $x$  に対してプロットしたグラフを何と呼ぶか、答えなさい。（3 点）

(3) 瞬間増殖率（マルサス係数）すなわち式 1 の  $r$  は、負の値をとることがある。 $r$  が負であるとき、個体数はどのように変化するか、30 字以内で説明しなさい。（9 点）

(4)  $l_x$  および  $m_x$  が以下の (i) の値をとるときおよび (ii) の値をとるときのそれぞれについて、 $r$  の値が正であるか 0 であるか負であるかを答え、 $r$  の値を求めなさい。なお、 $r$  の値を求め際には、対数、たとえば  $\log(2.1)$  の値は計算せず、 $\log(2.1)$  のままで答えなさい。（8 点）

(i)  $l_0 = 1, l_1 = 0.9, l_2 = 0.6, l_3 = 0.3, l_4 = 0, m_0 = 0, m_1 = 0, m_2 = 0, m_3 = 4.1, m_4 = 0$

(ii)  $l_0 = 1, l_1 = 0.5, l_2 = 0.2, l_3 = 0, m_0 = 0, m_1 = 0, m_2 = 4.4, m_3 = 0$

(5) 個体数が変化しても  $l_x$  および  $m_x$  が一定なら、瞬間増殖率  $r$  は一定の値をとる。 $r$  が一定であるような増殖の様式を何と呼ぶか答えなさい。（4 点）

(6) 上記の (5) で述べたような、 $r$  が一定である増殖をしている個体群において、最初の時点とくらべて時間  $T$  経過後には個体数が 400 増加したとする。この時点からさらに時間  $T$  経過したとき（すなわち最初の時点の  $2T$  後である）、個体数は増加するか減少するか変化しないか、を答えなさい。また、増加あるいは減少する場合には、変化の大きさは最初の時点からの時間  $T$  における変化である 400 と比べてどのようであるか説明しなさい。

(16 点)

## 問題番号 [ 1 4 ] <生態学>

以下の問い (1)、(2) に答えなさい。(計 50 点)

(1) 物質循環に関する以下の設問に答えなさい。(計 30 点)

炭素、窒素、リンなどの元素は、生産者により無機物から有機物に取り入れられ、分解によって無機物に戻されるプロセスにより生態系の中を循環する。光エネルギーを利用した (ア) や無機物のエネルギーを利用した (イ) により有機物をつくりだす生産者は、自身が必要とする有機物を自らつくり出すので (ウ) 生物という。動物などの消費者は、(ウ) がつくり出した有機物に依存するので、(エ) 生物という。炭素の循環に関わっている生物作用では、(ア) と (オ) が最も重要なプロセスである。

(a) 文中の (ア) ~ (オ) に入る適切な語句を答えなさい。(各 2 点、計 10 点)

(b) 生態系では、食べる-食べられるの関係を通して、エネルギーや物質が生物間で受け渡されている。生態系を構成する生物の資源利用の関係を明らかにする手法に、炭素と窒素の安定同位体を用いた食物網解析がある。この分析手法の原理について、安定同位体の比率、生物濃縮、栄養段階、のすべての語句を用いて 150 字の範囲で説明しなさい。(10 点)

(c) 有機物の微生物による分解過程において、発酵の一般的な終産物であるエタノールと二酸化炭素から酢酸とメタンが生成されるプロセスがある。この反応は酢酸菌とメタン生成菌の 2 種類の微生物によって行われているが、このような共生関係を何と呼ぶか答えなさい。また、標準的な生化学的条件下において酢酸菌による酢酸と水素ガスの生成反応の進行は熱力学的に不可能であるが、2 種の共生関係では、この反応は進行し微生物がエネルギーを得て増殖できる理由を簡潔に説明しなさい。(10 点)

(2) 生物集団の個体数の変化は、密度が大きくなると、個体群の成長率が低下するとき、以下のロジスティック方程式で表すことができる。ここで、 $N$  は個体数、 $t$  は時刻、 $K$  は環境収容力、 $r$  は内的自然増加率である。以下の設問に答えなさい。(計 20 点)

$$\frac{dN}{dt} = r \left( 1 - \frac{N}{K} \right) N$$

(a) このロジスティック方程式が表す個体数増加曲線を、縦軸に  $N$ 、横軸に  $t$  をとったグラフに図示しなさい。また、環境収容力 ( $K$ ) はグラフのどこにあたるかも図示すること。(7 点)

(b)  $r$ - $K$  選択説では、 $r$  戦略者と  $K$  戦略者がそれぞれどのような環境条件でどのような特徴を進化させたのか、種内競争、死亡率、環境の変動、のすべての語句を用いて 150 字の範囲で説明しなさい。(13 点)