

## 生態学 (1 / 4)

(注意) 問題 [1] [2] [3] [4] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

[1] 生物個体群の個体数変化に関する以下の問題に答えなさい。(計 35 点)

- (1) 個体数  $N$  が時間  $t$  の経過とともに時間あたり一定の増加率  $r$  で増加するとき、個体数の変化は以下の微分方程式であらわされる。

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

初期個体数を  $N(0)$  として、時刻  $t$  における個体数  $N(t)$  を  $N(0)$ ,  $r$ ,  $t$  からなる式であらわし、またその式があらわす成長曲線を、縦軸  $N$ 、横軸  $t$  の平面に図示しなさい。(5 点)

- (2) 密度効果によって個体群の成長率が時間とともに減少し、その効果が個体数に比例するとき、個体数の変化は以下の微分方程式であらわされる。

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

初期個体数を  $N(0)$  として、時刻  $t$  における個体数  $N(t)$  を  $N(0)$ ,  $r$ ,  $K$ ,  $t$  からなる式であらわし、またその式があらわす成長曲線を、縦軸  $N$ 、横軸  $t$  の平面に図示しなさい。 $N(0) < K$  の場合に加えて、 $N(0) > K$  の場合についても図示しなさい。(10 点)

- (3) 互いに密度効果を及ぼしあう 2 種の個体群の個体数  $N_1$ ,  $N_2$  の変化は、以下の式であらわすことができる。

$$\frac{dN_1}{dt} = r \left( 1 - \frac{N_1 + a_{12}N_2}{K_1} \right) N_1,$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r \left( 1 - \frac{N_2 + a_{21}N_1}{K_2} \right) N_2.$$

ここで、 $a_{12}$ ,  $a_{21}$  はそれぞれ、種 1 が種 2 から受ける密度効果の強さ、種 2 が種 1 から受ける密度効果の強さをあらわす。それぞれの式の平衡状態 (種 1 が個体数を変化させない状態、および種 2 が個体数を変化させない状態) において、 $N_1$ ,  $N_2$  の間に成り立つ関係を求め、これらの関係をあらわす 2 つの直線を、 $N_1$ - $N_2$  平面に図示しなさい (ただし、 $K_1 < \frac{K_2}{a_{21}}$ ,  $K_2 < \frac{K_1}{a_{12}}$  とする)。(10 点)

- (4)  $K_1 < \frac{K_2}{a_{21}}$ ,  $K_2 < \frac{K_1}{a_{12}}$  のとき、種 1 と種 2 は安定して共存できることを、(3) で図示した直線をもとに説明しなさい。 $N_1 = N_2$  のとき、 $K_1 < \frac{K_2}{a_{21}}$ ,  $K_2 < \frac{K_1}{a_{12}}$  は  $a_{21} < 1$ ,  $a_{12} < 1$  となる。これらの条件は、種 1 と種 2 の共存がどのような状態で可能になることを意味するか、密度効果の大小に着目して説明しなさい。(10 点)

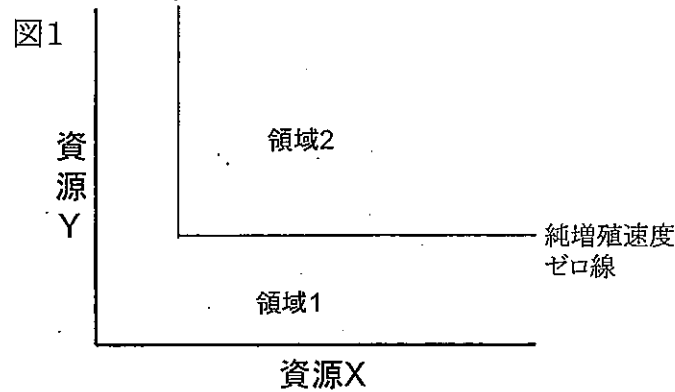
## 生態学 (2 / 4)

(注意) 問題 [1] [2] [3] [4] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

[2] 種間競争と資源の取り合いのメカニズムに関する以下の問いに答えなさい。

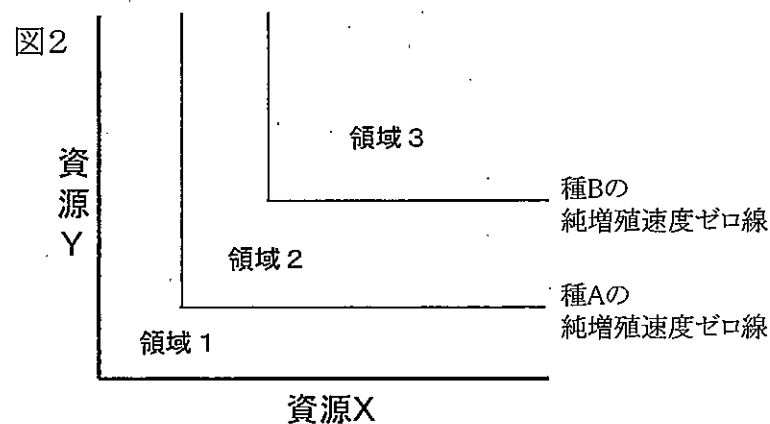
(計 20 点)

ある種が 2 種類の必須的な資源 (X と Y) を利用している場合、その種の個体群の大きさが増減せず現状を維持するのに必要な資源量の組み合わせを x と y 軸にプロットした等値線 (純増殖速度ゼロ線) は、その種が生き残り繁殖できる資源の組み合わせ (領域 2) と、それを許さない資源 (領域 1) の境界線として、図 1 のような線の形で示されるものと限定する。ここで、個体群は種内競争によって安定した平衡に達すると想定し、純増殖速度ゼロ線上のすべての点 (資源の組み合わせ) で個体群の大きさは一定であるとする。



(1) 2 種類の資源 (X と Y) をめぐって競争する 2 種 (種 A と B) の純増殖速度ゼロ線が図 2 のように示される時、種 A が種 B を競争的に排除するのは資源の供給点がどの領域にある場合か、次の (a) ~ (f) の選択肢から 1 つ選びなさい。(3 点)

(a) 領域 1 (b) 領域 2 (c) 領域 3 (d) 領域 1 & 2 (e) 領域 2 & 3 (f) 領域 1 & 3



(2) 種 A は資源 X が低いときには種 B を排除し、種 B は資源 Y が低いときには種 A を排除するが、資源 X と Y の供給バランスによっては 2 種は共存することができる。この場合の種 A と B それぞれの純増殖速度ゼロ線の概形を、横軸を資源 X、縦軸を資源 Y にとった 1 つの図に示しなさい。(6 点)

(3) 上記 (2) で描いた 2 種の純増殖速度ゼロ線図において、2 種が共存できるのは資源の供給点がどの領域にある場合か、あてはまる領域を (2) で作図した図中に斜線で示しなさい。(5 点)

## 生態学 (3 / 4)

(注意) 問題 [1] [2] [3] [4] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

(4) Tilman の資源競争理論によれば、単一の限られた資源をめぐって 2 種が消費型の競争をしている場合、資源の最低要求量の低い種の方が競争に有利であるとされている。このような「消費型競争に優れた種」の資源利用効率、減少率および増加率の特性について説明しなさい。また、2 種類以上の資源をめぐる種間競争においては、共存できる種の数は何に比例すると予測されるか述べなさい。(6 点)

[3] 群集(community)とは、時間と場所を共有するさまざまな種の個体群の集まりである。群集の特徴を把握するための方法として用いられる、種の豊富さ(species richness)や多様性の指標(diversity index)について、以下の文章を読み問いに答えなさい。(10 点)

一定面積の牧草地において野外実験を 1856 年～1949 年の期間実施し、施肥区には年 1 度肥料を施し、同一面積の対照区には施さなかった。草本種の多様性とそれぞれの種の個体数を調べた所、対照区では目立った変化はなかったが、施肥区では草本の種数と、それぞれの種の個体数の均等度の両方とも次第に減少した。この現象について、種の豊富さと優占の度合いが実験期間中に施肥区ではどのように変化したかを述べたうえで、競争排除という用語を用いて説明しなさい。

## 生態学 (4 / 4)

(注意) 問題 [1] [2] [3] [4] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

[4] 動物においては捕食されることの回避につながるさまざまな性質が進化していることが知られている。捕食回避に関する行動の中には、他の個体に信号を送り、信号を受け取った個体が捕食を回避するものがある。捕食者の接近を発見した個体が警戒声と呼ばれる音声を発し、それを感知した同種の他の個体が逃避するのは、代表的な例の 1 つである。以下の問いに答えなさい。(計 35 点)

(1) 警戒声を出すとその個体は捕食者により捕えられやすくなることなどにより適応度が  $x$  低下し ( $x > 0$  である)、警戒声を聞いた同種の他の個体は逃避できることにより適応度が  $y$  上昇する ( $y > 0$  である) とする。ある個体が発した警戒声を聞いて逃避する他個体は 1 個体であるとする。警戒声を発する個体と警戒声を聞いて逃避する個体間の血縁度が 0.25 であるとき、この警戒声を発する行動が有利になり進化できる条件を、横軸に  $x$ 、縦軸に  $y$  をとったグラフを描いて説明しなさい。(5 点)

(2) 上記 (1) の警戒声とそれへの反応において、警戒声を発する個体と警戒声を聞いて逃避する個体間に血縁関係がないとき、この警戒声を発する行動は有利になって進化することができるか、また進化できるならどのような条件が成り立つ場合か説明しなさい。(6 点)

(3) 上記 (1) の警戒声を発する行動は、行動を行う個体自身の適応度を低下させ、他の個体の適応度を高める行動の 1 つである。このような行動を何と呼ぶか答えなさい。(2 点)

(4) 捕食の回避に関する代表的な現象を指す以下の 3 つの語の意味をそれぞれ 70 字以内で説明しなさい。(15 点)

(i) 希釈効果

(ii) 警告色

(iii) ミュラー擬態 (ミュラー氏擬態、ミュラー型擬態と言うこともある)

(5) 捕食される危険の大きさは時間的に一定ではなく変動することが多い。捕食される危険と関連した環境中の手がかりの情報を使用して、逃避の起こりやすさなど捕食回避につながる行動の頻度や強度を変える例を 1 つあげるとともに、それが時間的に一定の頻度や強度で捕食回避につながる行動を行うよりも有利である状況はどのようなものか 100 字以内で説明しなさい。(7 点)