

理 科

試験時間

1. 理学部, 医学部(医学科・保健学科検査技術科学専攻), 薬学部, 工学部は 120 分
2. 医学部(保健学科放射線技術科学専攻)は 60 分

	問 題	ページ
物理	1 ~ 3	1 ~ 6
化学	1 ~ 4	7 ~ 13
生物	1 ~ 3	14 ~ 25
地学	1 ~ 4	26 ~ 33

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この冊子を開いてはいけません。
 2. あらかじめ届け出た科目の各解答紙に志望学部・受験番号を必ず記入しなさい。
なお, 解答紙には必要事項以外は記入してはいけません。
 3. 解答は必ず解答紙の指定された場所に記入しなさい。
 4. 試験開始後, この冊子又は解答紙に落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
 5. この冊子の白紙と余白部分は, 適宜下書きに使用してもかまいません。
 6. 試験終了後, 解答紙は持ち帰ってはいけません。
 7. 試験終了後, この冊子は持ち帰りなさい。
- ※この冊子の中に解答紙が挟み込んであります。

生 物

1 次の文章を読み、下記の(問1)～(問4)に答えよ。

細胞は、生体を構成する基本的な単位である。細胞の形や大きさはまちまちで、細胞内には色々な構造があり、それらはさまざまな機能を有している。細胞は、真核細胞と原核細胞に分類できる。これら細胞は、細胞内構造の違いはあるが、DNAを有しタンパク質の合成を行い、細胞分裂により増え、さまざまな物質を代謝することでエネルギーを産生し、生命活動の糧としている。これら細胞が集団を形成することで、体液の循環や代謝など、特定の機能を有する組織がつくられる。生体はこれら細胞の活動を保持するため、生体の内部環境を維持するしくみを有している。

(問 1) 下線部 a)に関する以下の文章を読み，設問(ア)～(カ)に答えよ。

図 1 は，感染した哺乳動物組織に観察された細胞の電子顕微鏡写真の模式図である。4 種類の細胞 A～D が観察され，また，細胞 A, B, D には，細胞小器官として，e～h が見られた。

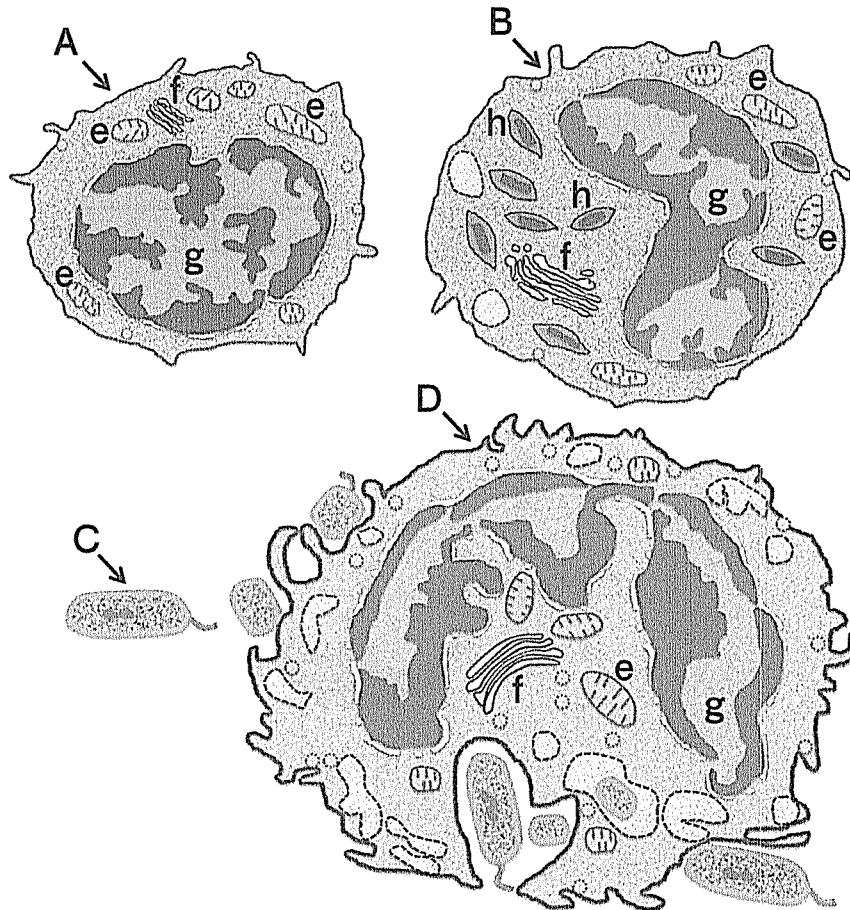


図 1

- (ア) 図 1 の細胞 A～D のうち，真核細胞に分類される細胞をすべて選び，記号で答えよ。
- (イ) 真核細胞の原核細胞との形態上の特徴的な相違点は何か。
- (ウ) 細胞小器官 e～h のうち，もっともエネルギー産生に関与する小器官を選び，記号で答えよ。また，その小器官名を記載せよ。
- (エ) 図中の真核細胞は，共通の細胞を起源にもち，異なる機能や形態をもった細胞へと分化した細胞である。起源として考えられる細胞はどの細胞か，以下の細胞から 1 つ選び，番号で答えよ。
- ① 神経幹細胞 ② 消化管上皮幹細胞 ③ 腎節幹細胞
- ④ 造血幹細胞 ⑤ 血管内皮幹細胞
- (オ) 細胞 D の細胞 C に対して行う作用は何か。

(カ) 細胞 A に予想されるはたらきについて、以下のうち、誤りをすべて選び、番号で答えよ。

- ① 自己・非自己の認識 ② 酸素運搬 ③ 血糖調節 ④ 異物の記憶

(問 2) 下線部 b) に関する以下の設問(ア)~(ウ)に答えよ。

(ア) 生体において心臓は血液のポンプとして機能する。図 2 は腹側から見たヒト心臓の断面である。下記の 1 ~ 5 の部位を図 2 中の記号 A~I から選び、右心室から全身へ送り出すまでの血液循環経路を完成させよ。

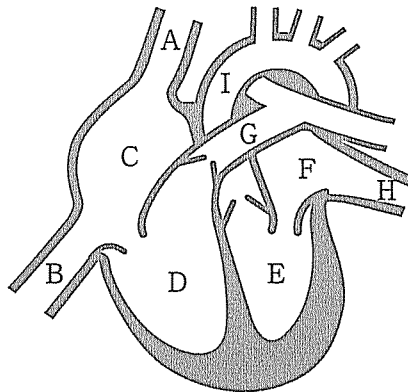
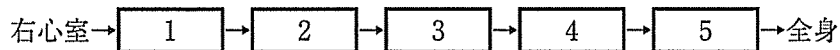


図 2

(イ) 心臓の左心室のポンプ機能が急激に低下したとき、息苦しさを感ずることが多い。このとき、肺静脈内の圧がどのように変化するかを答えよ。

(ウ) 心臓の活動電位に関する以下の記述のうち、正しい記述をすべて選び、番号で答えよ。

- ① 左心房にある洞房結節が自動的に興奮し、心臓のリズムをつくる。
② 静止電位は主にカリウムイオンの濃度勾配によって作りだされる。
③ 静止電位はおよそ $-80\text{ mV} \sim +10\text{ mV}$ である。
④ 細胞が興奮すると、電位依存性ナトリウムチャネルとカリウムチャネルが同時に開く。
⑤ 興奮は心房から心室に伝わる。

(問 3) 下線部 c)に関する以下の文章を読み、設問(ア)～(エ)に答えよ。

血液中に存在するさまざまな物質は腎臓で選別され、糸球体でろ過されたのち、必要な物質は再吸収される。一方、再吸収されない老廃物は尿として排出される。イヌリンとクレアチニンは腎臓で再吸収されない物質であるため、腎機能の検査に用いられている。イヌリンは糸球体のみでろ過されるが、クレアチニンは糸球体に加えて、血管から細尿管に分泌される。被験者 A と被験者 B の血しょうと尿の成分を調べたところ、表 1 の結果を得た。

表 1

	成分	血しょう (mg/ml)	尿 (mg/ml)
被験者 A	グルコース	1	0
	イヌリン	0.1	12
	クレアチニン	0.01	1.4
被験者 B	グルコース	5	60
	イヌリン	0.1	6

- (ア) 被験者 A において 1 日につくられる原尿の量は、何 ml か。なお、尿の生成量は毎分 1 ml とする。
- (イ) 被験者 A において血管から細尿管に分泌されるクレアチニンの量は、毎分何 mg か。
- (ウ) 被験者 B の腎臓においてグルコースの再吸収量は、毎分何 mg か。なお、尿の生成量は毎分 2 ml とする。
- (エ) 被験者 B において、尿の中にグルコースが漏れ出ない血しょうグルコースの上限濃度は、何 mg/ml か。

(問 4) 下線部 d)に関する以下の文章を読み、設問(ア)～(ウ)に答えよ。

エリスロポエチンは酸素分圧の低下に応じて腎臓で産生され、赤血球への分化と増殖を促進する造血因子である。エリスロポエチンは 165 個のアミノ酸からなるポリペプチドであり、その産生過程においてゴルジ体で単糖分子が鎖状に結合する糖鎖修飾を受けることが、その造血活性に必要である。腎不全患者ではエリスロポエチン産生低下による腎性貧血が大きな問題となっており、その治療にはエリスロポエチン製剤が用いられている。近年、遺伝子工学技術の発展によりエリスロポエチンが腎臓の細尿管の間質細胞で産生されることが明らかになった。

(ア) エリスロポエチンには複数個のシステインが存在し、システインとシステインの側鎖どうしで結合することがエリスロポエチンのフォールディングに重要である。この結合の名称を答えよ。

(イ) エリスロポエチン遺伝子は大腸菌に導入し産生したエリスロポエチンは、正しくフォールディングされていたにもかかわらず造血活性をもたないため、動物細胞に遺伝子導入することでエリスロポエチンを産生している。大腸菌で産生したエリスロポエチンが造血作用を示さない理由を 50 字以内で簡潔に説明せよ。

(ウ) エリスロポエチンの産生細胞は、GFP 遺伝子を組み込んだトランスジェニックマウスを用いた解析により判明した。このトランスジェニックマウスの作成、及びその解析に関する以下の文中の ～ に適切な語句を入れよ。

真核生物の遺伝子の発現は、RNA 鎖の合成を行う が と複合体を形成し、DNA の に結合することで開始する。この複合体形成は、特定の転写調節因子が細胞環境変化に応じて転写調節領域に結合することで誘導される。これにより遺伝子の発現を介した適切な細胞応答が引き起こされる。この原理を応用して、エリスロポエチン産生細胞を調べるために、エリスロポエチン遺伝子領域に GFP 遺伝子が組み込まれたトランスジェニックマウスが作成された。このマウスを貧血状態にすると、末梢組織では 濃度が低下しエリスロポエチン遺伝子の発現が活性化されることになる。これに伴い産生される GFP が発する を顕微鏡で観察することにより、エリスロポエチン産生細胞が同定された。

2 次の文章を読み、下記の(問1)～(問6)に答えよ。

多細胞動物のからだは、さまざまな形や機能をもった多くの細胞から構成されているが、初めは減数分裂により核相が単相になった卵と精子が融合した受精卵である。この2個体の遺伝子を持ち寄り子を残す有性生殖により、種集団内の遺伝的多様性が確保される。受精卵は発生を開始し、体細胞分裂により細胞数を増やす。その後、細胞はそれぞれが位置する胚内の場所に応じて、DNAに刻み込まれた遺伝情報を転写・翻訳する。合成されたタンパク質やRNAのはたらきにより、細胞は特有の機能をもつ細胞へと分化していく。また、合成したタンパク質などを細胞外に分泌し、その作用を受けた細胞が新たな遺伝子の転写・翻訳を始めて分化していくこともある。このように、細胞と細胞がそれぞれ相互作用しながら、さまざまな形や機能をもった細胞へと分化し、複雑な形態・機能を示す多細胞個体を形成していく。

(問1) 下線部 a) に関して、以下の文中の [1] ～ [5] に適切な語句を入れよ。

真核生物の細胞は、細胞質基質に繊維状の構造をはりめぐらし、形を保持している。これらの構造は [1] と呼ばれ、太さや性質の異なるタンパク質から構成される。小胞輸送の際に足場となる直径約 25 nm の [2] は、 [3] と呼ばれる球状のタンパク質が多数結合して構成される。また、組織・細胞によって固有のタンパク質から構成される直径約 10 nm の [4] や、筋繊維の収縮装置として機能する直径約 7 nm の [5] が知られている。

(問2) 下線部 b) に関して、染色体数が $2n = 8$ の動物における以下の設問(ア)～(ウ)に答えよ。

ただし、すべての相同染色体において複数の遺伝子に対立遺伝子が存在するため、同一の染色体は存在しないものとする。また、設問(ア)と(イ)においては、減数分裂の際に染色体の乗り換えは起きなかったものとする。

(ア) 精子に生じる染色体の組み合わせは何通りか。

(イ) 受精卵に生じる染色体の組み合わせは何通りか。

(ウ) 1本のDNA分子内に存在する複数の遺伝子の組み合わせに多様性をもたせるため、減数分裂を行う際、相同染色体間で遺伝子の組換えが起こることがある。それはどの時期か。A)～H)から選び、答えよ。

A) 第一分裂前期, B) 第一分裂中期, C) 第一分裂後期, D) 第一分裂終期

E) 第二分裂前期, F) 第二分裂中期, G) 第二分裂後期, H) 第二分裂終期

(問 3) 下線部 c) に関して、図 1 にウニの受精から胞胚までの変化を模式的に示した。これに関する以下の設問(ア), (イ)に答えよ。

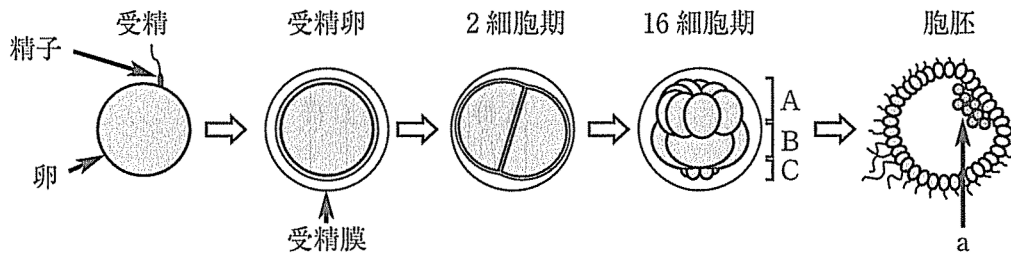


図 1

(ア) 受精膜が形成されると、精子は受精膜を通過できなくなり、多精受精の防止にはたらく。しかし、受精膜が完全に形成されるまでに 10 秒以上かかる。この間の精子侵入を防止するしくみについて説明せよ。

(イ) 図 1 に示した胞胚の a の細胞を何というか。また、この細胞は 16 細胞期の A~C の細胞群のうちどれに由来し、将来どのような器官に分化するか。

(問 4) 下線部 d) に関する以下の設問(ア)~(ウ)に答えよ。

(ア) 細胞周期における分裂期は、前期、中期、後期、終期の 4 つの過程に分けられる。以下の①~⑤は、前期から終期のどの時期で起こるか答えよ。該当しない場合は、×を記入せよ。

- ① 染色体が赤道面に並ぶ。
- ② 染色体が折りたたまれて太くて短い棒状になる。
- ③ 染色体 DNA で岡崎フラグメントが合成される。
- ④ 消失した核膜が再び現れる。
- ⑤ 染色体が 2 つに分かれ両極に移動する。

(イ) 核分裂が終わりに近づくと、細胞質分裂が始まる。動物細胞と植物細胞における細胞質分裂のしくみの違いを 100 字以内で説明せよ。

(ウ) DNA の材料を放射性同位体で標識し、これを含む培地で培養細胞を 1 分間処理した後、直ちに個々の細胞における DNA 量を測定して図 2 の結果を得た。DNA が標識された細胞は、おもに A, B, C のどの細胞群に含まれるか。

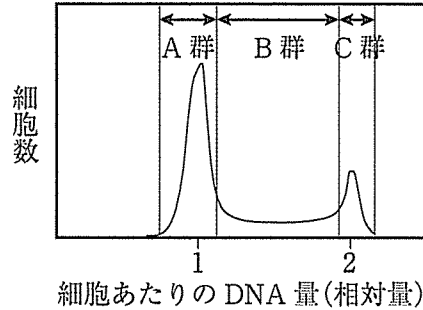


図 2

(問 5) 下線部 e) に関して、以下の設問(ア), (イ)に答えよ。

(ア) 図 3 は、30 塩基からなる 1 本鎖 DNA 断片の塩基配列を示したものである。この DNA 断片の A 含量は 30%，T 含量は 20% である。図 3 の 1 本鎖 DNA とその相補鎖からなる 2 本鎖 DNA の T 含量は何% か。



図 3

(イ) 制限酵素 X および Y は、図 4 に示すように、それぞれ連結した特定の 6 塩基対の配列を識別してその中央で切断する。図 3 の DNA とその相補鎖からなる 2 本鎖 DNA を制限酵素 X または Y で切断したところ、制限酵素 X では 10 塩基対と 20 塩基対の 2 種類の 2 本鎖 DNA 断片が、制限酵素 Y では 4 塩基対、11 塩基対、15 塩基対の 3 種類の 2 本鎖 DNA 断片が得られた。また、制限酵素 X で完全に切断した後、制限酵素 Y で完全に切断すると、4 塩基対、10 塩基対、16 塩基対の 3 種類の 2 本鎖 DNA 断片が得られた。制限酵素 X および Y が識別する塩基配列 $N_1 \sim N_6$ の塩基を答えよ。

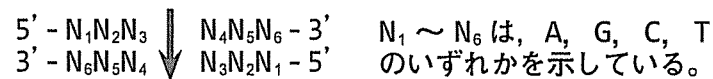


図 4

(問 6) 下線部 f) に関して、イモリの胞胚を用いた実験に関する以下の設問(ア), (イ)に答えよ。

(ア) 動物極周辺の細胞集団を切り出して培養すると、どのような組織が分化してくるか。

(イ) 動物極周辺の細胞集団と植物極周辺の細胞集団を接着させて培養したとき、動物極周辺の細胞集団から分化してくると予想される組織を【 】の中からすべて選び、答えよ。

【消化管, 筋肉, 表皮, 肺, 脊索, 肝臓, 血球, 神経】

3 次の文章を読み、下記の(問1)～(問6)に答えよ。

生物は、それらを取り巻く光・水・大気・温度など非生物環境と密接な関係をもちながら、生活している。たとえば森林で、植物が行う光合成^{a)}は光や温度などの影響を受ける。また、環境変化に応じて老化した葉は樹木から離れ、落葉^{b)}は地表に溜まっていく。土壌では、動植物の枯死体・遺体・排泄物がさまざまな菌類や細菌によって分解され、生じた無機窒素化合物^{c)}は再び植物に利用される。このため、土壌中の微生物^{d)}も森林の生態系を支える重要な要素である。

もちろん、生物間の関係も重要である。ある地域に生息する同種個体のまとまりを個体群^{e)}という。個体群内の個体どうしには、交配だけでなく、食物などの資源をめぐる争い^{f)}や子育てなどの種内相互作用が見られる。

(問1) 下線部 a) のチラコイド膜で行われる光合成電子伝達反応に関して、誤っている文を次からすべて選び、①～⑥の番号で答えよ。

- ① クロロフィルは光化学系 I と光化学系 II ではたらいている。
- ② クロロフィルは電子伝達系ではたらいている。
- ③ 光化学系 I から光化学系 II へ電子は伝達され、最終的には NADPH が産生される。
- ④ 光化学系 II から光化学系 I に電子は伝達され、光化学系 II に電子を与えるのは水である。
- ⑤ 電子伝達反応により酸素はチラコイド内腔で発生し、NADPH はストロマで生じる。
- ⑥ 電子伝達に伴いチラコイド内腔にプロトンが移動するとき ATP が産生される。

(問2) 下線部 b) の落葉は、葉柄の基部に離層が形成され、そこから葉が脱離することにより生じる。離層の形成は2種の植物ホルモンにより調節されている。離層形成を抑制する植物ホルモンと促進する植物ホルモンを答えよ。

(問3) 下線部 c) に関する以下の設問(ア)、(イ)に答えよ。

- (ア) 植物の根から吸収される無機窒素イオンは何か、2つ答えよ。
- (イ) 根から運ばれた無機窒素イオンから葉細胞中で最初に生成されるアミノ酸は何か、2つ答えよ。

(問 4) 下線部 d) に関する次の文章を読み、以下の設問(ア)～(ウ)に答えよ。

ウーズは、すべての生物がもつ の塩基配列を比較した結果、 という界よりも上位の概念を設定し、全生物を、細菌、、真核生物にわけたことを提唱した。

の大きな特徴は、 がエーテル脂質という特殊な脂質でできていることである。 に属する好熱菌の DNA ポリメラーゼを用いて特定の領域の遺伝子を選択的に増幅させる技術である PCR 法が開発され、現在、遺伝子解析による微生物同定など幅広く利用されている。

(ア) 文中の ～ に適切な語句を入れよ。

(イ) 菌類は、菌糸の構造や胞子の形成過程の違いによって分類される。以下の生物のうち、接合菌類、子実菌類、担子菌類に分類されるものを選択肢からすべて選択し、番号で答えよ。

- | | | |
|-------|----------|--------|
| ① 粘菌 | ② マツタケ | ③ 酵母菌 |
| ④ 大腸菌 | ⑤ クモノスカビ | ⑥ アオカビ |

(ウ) PCR 法では、通常、異なる温度の連続した 3 つのステップが繰り返されることにより、目的の遺伝子が増幅される。最初のステップは 90℃ 以上で処理される。このステップは何のために行うのか答えよ。

(問 5) 下線部 e) に関して、生物の個体数が増加することを個体群の成長という。図 1 の曲線 a のように、細菌を理想的な環境で培養すると、個体数は指数関数的に増加する。しかし、実際の個体群の成長には限界があり、曲線 b のように頭打ちになることが多い。このとき、ある環境で存在できる最大の個体数を環境収容力という。図 1 の成長曲線に関して、正しい文には○を、誤っている文には×を、解答欄に記入せよ。

- ① 曲線 a において、個体あたりの増加率は時間に関わらず一定である。
- ② 曲線 b において、個体群の増加率は常に減少している。
- ③ 個体群に個体の出入りがないうとき、個体群の増加率は出生率と死亡率の差である。
- ④ 環境収容力は一定ではなく、餌の増減や排泄物の増加などにより変化する。

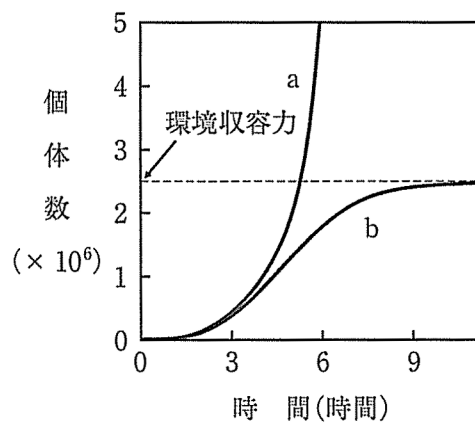


図 1

(問 6) 下線部 f)に関する以下の設問(ア), (イ)に答えよ。

(ア) 一般に種内競争は種間競争より激しい場合が多い。この理由を説明せよ。

(イ) 同じ面積の畑をいくつか用意し、ダイズの種子を異なる密度でまいた。図2は、まいた種子の密度と単位面積あたりの個体群の重量を表している。また、図中の日数は、種子をまいてからの日数、※はダイズがその密度では途中で枯れたことを示している。個体の成長と、個体群全体の重量に関して、正しい文には○を、誤っている文には×を、解答欄に記入せよ。

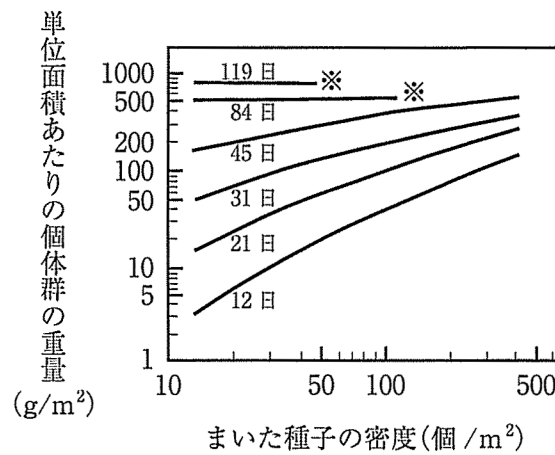


図2

- ① 芽生えて間もない頃は、高密度でまいた区画の方が単位面積あたりの個体群の重量が大きい。
- ② 高密度で種子をまいたとき、個体間の競争は時間とともに激しくなる。
- ③ 密度の異なる区画間で比較したとき、単位面積あたりの個体群の重量の差は、時間にかかわらずほぼ一定である。