

生 物

医学部・応用生物科学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は 22 ページで、医学部は解答用紙 3 枚・白紙 1 枚、応用生物科学部は解答用紙 5 枚・白紙 1 枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定箇所に記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。
5. 問題は大問で 5 題ある。応用生物科学部の受験生は、5 題すべてに解答すること。
医学部の受験生は、問題

| |
|---|
| 1 |
|---|

 ,

| |
|---|
| 2 |
|---|

 ,

| |
|---|
| 3 |
|---|

 に解答すること。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子および白紙は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率(%)を表示してある。



1 次の文章を読み、問1～2に答えよ。(配点比率 医：34%，応生：20%)

イオンのように荷電した物質，糖やアミノ酸のような極性のある物質は，細胞膜を通過しにくい。これは，細胞膜の主成分が であり，細胞膜が油に溶けにくい物質を通しにくい性質をもっているためである。しかし，細胞の生命活動を維持するためには，このような物質を細胞内に取り込み，また，細胞外へ排出する必要がある。そこで，細胞膜には物質の通路となるタンパク質が存在し，それを介して物質の出入りがおこなわれている。細胞膜中に存在するこのような通路となるタンパク質は，チャンネルと に大別することができる。チャンネルは膜を貫通した管のような形をしており，外部からの刺激によりタンパク質の形状が変化して管が開閉する。チャンネルの種類によって通過できる物質の選択性は異なっており，例えば，水分子は とよばれるチャンネルによって選択的に輸送されている。チャンネルの開閉に必要な刺激は多様であるが，特定の物質がチャンネルに結合することによって開閉するチャンネルや，物理的な刺激や pH の変化によって開閉するチャンネルなどがある。いずれのチャンネルにおいても，物質は細胞内外の濃度の違いによって，濃度が高い方から低い方へと移動する。一方， は濃度勾配に逆らって物質を輸送する。このような輸送にはエネルギーが必要で，その原動力は ATP がもつエネルギーである。このような輸送を 輸送という。

問 1. ～ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して，TRPV 1 および TRPM 8 とよばれる 2 種類のチャンネルについて，それぞれがどのような刺激によって開くのかを明らかにするために，実験 1～4 をおこなった。これらの実験結果に関して，以下の問いに答えよ。なお，いずれのチャンネルについても，チャンネルが開くと Ca^{2+} を含む陽イオンが通過するようになる。

[実験1]

TRPV1を発現しているマウスの細胞を5つに分けて培養した。そのうち4つには、4つの異なる品種のトウガラシの中から1つだけを選び、その抽出物をそれぞれ同量ずつ添加した。用いたトウガラシの品種は、非常に辛みの強いハバネロ種、やや強めの辛みがあるタイグリーン種、わずかな辛みのあるワックス種、およびほとんど辛みのないポプラノベルデ種である。残る1つには、トウガラシの辛み成分であるカプサイシンの精製物を添加した(図1)。これらを添加した後、細胞膜を通過した陽イオンの量を測定した。得られた結果を図2に示した。

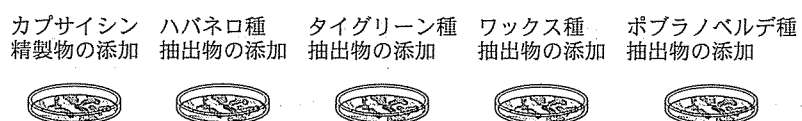


図1 5種類の培養実験

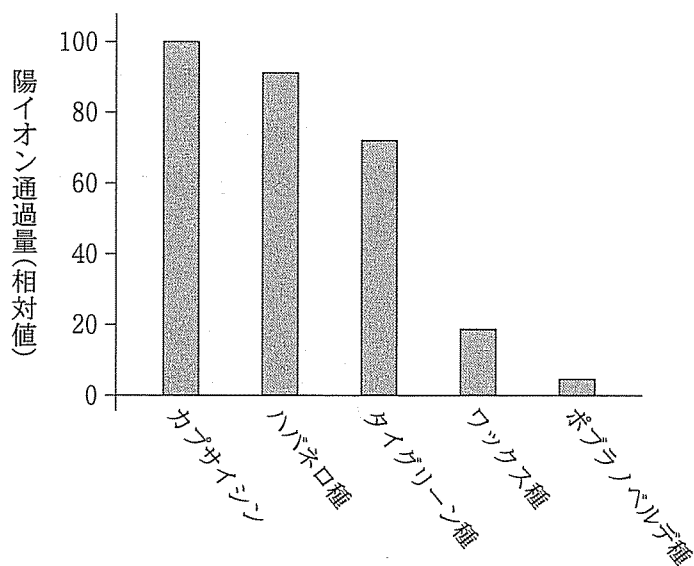


図2 細胞膜を通過した陽イオン量

(Caterina et al., Nature 389, 816-824, 1997 を一部改変)

[実験 2]

マウスの感覚神経細胞の一部には、カプサイシンに反応して細胞内に陽イオンの流入がおこる細胞が存在する。同様に、ミントに含まれるメントールに反応して細胞内に陽イオンの流入がおこる細胞も存在する。正常なマウス A, または遺伝子操作によって TRPM 8 遺伝子を破壊したマウス B から感覚神経細胞を採取し、細胞培養をおこなった。それぞれの培養液中に、カプサイシン, またはメントールを添加し、細胞内への陽イオンの流入がおこった細胞の割合を測定した。得られた結果を表 1 に示した。

表 1 カプサイシンまたはメントールに反応した神経細胞の割合

| 細胞を採取したマウス | カプサイシンに反応した細胞 | メントールに反応した細胞 |
|------------|---------------|--------------|
| マウス A | 59 % | 18 % |
| マウス B | 61 % | 0 % |

次に、正常なマウス A から、カプサイシンに反応する感覚神経細胞, またはメントールに反応する感覚神経細胞をそれぞれ分離した。温度を急激に変化させながら、それぞれの細胞を培養し、細胞内の Ca^{2+} 濃度を連続的に測定した。得られた結果を図 3 に示した。

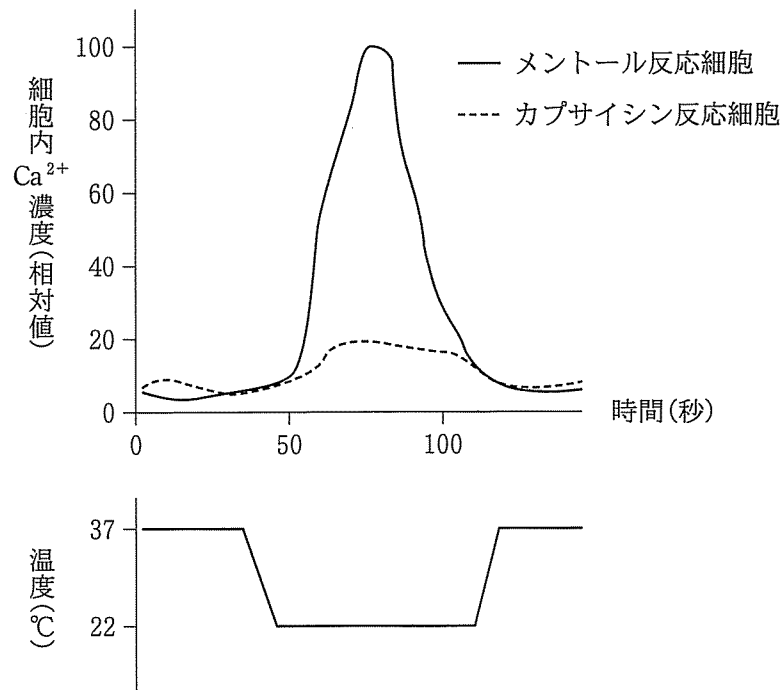


図 3 温度変化にともなう細胞内 Ca^{2+} 濃度の変化

(Bautista *et al.*, *Nature* 448, 204-208, 2007 を一部改変)

[実験 3]

正常なマウス A, TRPM 8 遺伝子を破壊したマウス B, または TRPV 1 遺伝子を破壊したマウス C から感覚神経細胞を採取した。それぞれの細胞を短時間の間, 12 °C, 22 °C, または 45 °C で培養をおこない, 細胞内への陽イオンの流入がおこった細胞の割合を調べた。結果を表 2 に示した。

表 2 各温度で陽イオンの流入が観察された細胞の割合

| 細胞を採取したマウス | 12 °C | 22 °C | 45 °C |
|------------|-------|-------|-------|
| マウス A | 5 % | 18 % | 59 % |
| マウス B | 5 % | 0 % | 58 % |
| マウス C | 5 % | 19 % | 7 % |

[実験 4]

正常なマウス A, または TRPM 8 遺伝子を破壊したマウス B を, 図 4 の装置に 5 分間入れて観察した。この装置の床の右半分は, 常にマウスが快適と感じる 30 °C に設定されている。一方, 左半分はさまざまな温度に変化させることができる。左半分の温度を 5 °C, 20 °C, 30 °C, 49 °C にしたとき, それぞれのマウスが床の左半分に滞在した時間を記録した。結果を図 5 に示した。

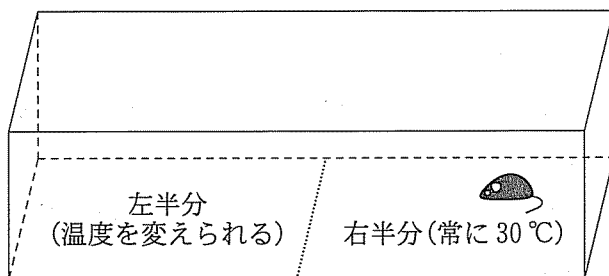


図 4 実験 4 に用いた装置の概要

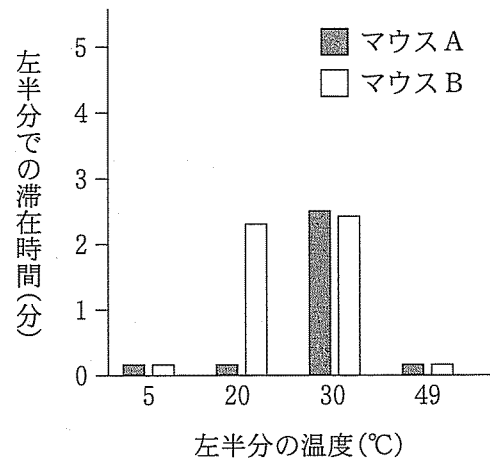


図 5 装置左半分にマウスが滞在した時間と温度の関係

(Bautista *et al.*, *Nature* 448, 204-208, 2007 を一部改変)

- (1) TRPV 1 について、実験 1 ~ 3 の結果から推測されることとして適切なものを、次の (a)~(f)の中からすべて選び、記号で記せ。
- (a) TRPV 1 はメントール存在下で開くチャネルである。
 - (b) TRPV 1 はカプサイシン存在下で開くチャネルである。
 - (c) TRPV 1 は 45 °C の高温刺激に反応して開くチャネルである。
 - (d) TRPV 1 は 12 °C の低温刺激に反応して開くチャネルである。
 - (e) マウス感覚神経細胞において、TRPV 1 は 45 °C の高温刺激に反応して開く唯一のチャネルである。
 - (f) マウス感覚神経細胞において、TRPV 1 は 12 °C の低温刺激に反応して開く唯一のチャネルである。
- (2) TRPM 8 について、実験 2 ~ 4 の結果から推測されることとして適切なものを、次の (a)~(f)の中からすべて選び、記号で記せ。
- (a) TRPM 8 は 22 °C の低温刺激により開くチャネルである。
 - (b) TRPM 8 は 45 °C の高温刺激により開くチャネルである。
 - (c) TRPM 8 はメントール存在下で開くチャネルである。
 - (d) TRPM 8 はカプサイシン存在下で開くチャネルである。
 - (e) マウスが 20 °C より低い温度に対して忌避反応を示すには TRPM 8 が必要である。
 - (f) マウスが 45 °C より高い温度に対して忌避反応を示すには TRPM 8 が必要である。
- (3) 実験 4 において、装置の左半分を 5 °C にした場合と 20 °C にした場合との間では、マウス B の行動に違いが認められた。この理由について、実験 2 ~ 4 の結果から推測されることとして適切なものを、次の(a)~(e)の中から 1 つ選び、記号で記せ。
- (a) マウス感覚神経細胞の一部には、1 つの細胞に TRPM 8 と TRPV 1 の両方を発現している細胞が存在するため。
 - (b) マウス感覚神経細胞が発現する TRPM 8 の一部は、5 °C 程度の低温でも開くため。
 - (c) 特定の条件では、TRPM 8 が 5 °C 程度の低温でも開くため。
 - (d) 20 °C 程度の低温を認識するためには TRPM 8 が必要であるが、5 °C 程度の低温を認識するためには TRPM 8 は必要ではないため。
 - (e) 5 °C 程度の低温を認識するためには TRPM 8 が必要であるが、20 °C 程度の低温を認識するためには TRPM 8 は必要ではないため。

(4) ヒトが、ミントの葉に含まれるメントールを口に含むと、冷たく感じることもある。その理由について、TRPV 1 または TRPM 8 のいずれかの語を用い、80 字以内で記せ。ただし、ヒトもマウスも、TRPV 1 および TRPM 8 は同様な機能をもつものとする。なお、アルファベットを使用する場合には 1 マスに 1 文字とする。

下書き用 (80 字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|
| 5 | | | | | 10 | | | | | 15 | | | | | 20 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2

次の文章Ⅰ、Ⅱを読み、問1～7に答えよ。(配点比率 医：33%，応生：20%)

Ⅰ. 細胞分裂は核分裂と細胞質分裂という2つの現象から成り立っている。そして動物細胞では、両者とも細胞骨格のはたらきに依存することがわかっている。すなわち、核分裂をもたらす紡錘体の主な構成要素である **ア** は、 **イ** というタンパク質が多数結合してできており、実際、 **ア** のはたらきを阻害する薬剤を分裂中の細胞に与えると核分裂は停止してしまう。一方、分裂 **ウ** 期に起こる細胞質分裂にはアクチンフィラメントが関わっている。主にアクチンフィラメントで構成される束が細胞膜のすぐ内側に形成され、これが収縮することにより細胞が二分される。これら2種類の細胞骨格が協調してはたらくことで細胞分裂は正常に進行すると考えられる。この協調のしくみを明らかにするために、第一卵割前のウニ受精卵を用いて、以下の実験1～4を行った。ただし、各実験における紡錘体とは、紡錘状の構造だけでなく、両極に存在する中心体やそこから放射状に広がる星状体、さらには染色体も含む構造とする。

[実験1]

分裂前期の卵から、紡錘体を含む細胞質の一部をピペットで吸い取った。その後、これらの紡錘体を含まない卵では細胞質分裂は起こらなかった。

[実験2]

分裂中期の卵から、紡錘体を含む細胞質の一部をピペットで吸い取った。その後、これらの紡錘体を含まない卵の一部で細胞質分裂が起こった。

[実験3]

分裂後期の卵から、紡錘体を含む細胞質の一部をピペットで吸い取った。その後、これらの紡錘体を含まない卵では細胞質分裂が起こった。

[実験4]

分裂前期の卵から、紡錘体を含まない細胞質の一部をピペットで吸い取った。その後、これらの卵では細胞質分裂は正常に起こった。分裂中期や分裂後期の卵を用いて同様の実験を行った場合も同様の結果であった。

問 1. ~ に適切な語を入れよ。

問 2. 実験 4 は何を明らかにするために行ったのか、40 字以内で記せ。

下 書 き 用 (40 字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問 3. 実験 1 ~ 4 の結果からわかることとして、最も適切なものを次の(a)~(d)の中から 1 つ選び、記号で記せ。

- (a) 細胞質分裂は、紡錘体のはたらきとはまったく関係なく起こる。
- (b) 細胞質分裂を導く紡錘体のはたらきかけは、いずれの卵においても分裂前期には完了している。
- (c) 細胞質分裂を導く紡錘体のはたらきかけは、いずれの卵においても分裂中期には完了している。
- (d) 細胞質分裂を導く紡錘体のはたらきかけは、いずれの卵においても分裂後期には完了している。

問 4. ある薬剤を第一卵割前のウニ受精卵の培養液に加える処理を行った。無処理の卵が 2 細胞期になったときに、処理したものは 2 細胞期にはならず、1 細胞のまま核が 2 個ある状態になった。この薬剤はどのような作用をもつと推測されるか、適切なものを次の(a)~(d)から 1 つ選び、記号で記せ。

- (a) アクチンフィラメントのはたらきを阻害するが、 のはたらきは阻害しない。
- (b) アクチンフィラメントのはたらきは阻害しないが、 のはたらきを阻害する。
- (c) アクチンフィラメントのはたらきも、 のはたらきも共に阻害する。
- (d) アクチンフィラメントのはたらきも、 のはたらきも共に阻害しない。

II. 生物体内では2種類の細胞分裂が起こる。すなわち、からだを構成する体細胞が増殖する際には体細胞分裂が行われ、生殖のための特別な細胞である配偶子を作る際には減数分裂が行われる。減数分裂を通じて、動物では精細胞と卵が作られる。ここで、哺乳類において配偶子形成がどのようにして進んでいくかをみてみよう。配偶子のもとになる細胞である **工** は発生の初期に生殖巣に移動する。これらは生殖巣において、雄では **オ**，雌では **カ** になり、体細胞分裂によって増殖する。その後一部の細胞が精母細胞や卵母細胞になり、減数分裂を開始する。精母細胞の減数分裂と卵母細胞の減数分裂を比較すると、異なる点が多数存在することがわかる。例えば、精母細胞の減数分裂では4個の精細胞が形成されるのに対し、卵母細胞の減数分裂では、1個の卵と、2または3個の **キ** が形成されるという違いがある。前者では均等な細胞質分裂が起こるのに対し、後者では不均等な細胞質分裂が起こるといえる。さらに、減数分裂の進行にも違いがある。精母細胞の減数分裂は遅滞なく進行するのに対し、卵母細胞の減数分裂には停止期が存在する。すなわち、一次卵母細胞は減数分裂の第一分裂前期で停止する。その後、一次卵母細胞はホルモンの作用により減数分裂を再開し、第一分裂を完了して卵表面に **ク** を形成するが、第二分裂中期で再び停止する。精子の進入に伴う刺激により、この停止状態が解除され、二次卵母細胞はやがて減数分裂を完了する。このあと、卵の内部で精子由来の **ケ** と卵由来の **ケ** とが融合し、受精が完了する。

問 5. **工** ~ **ケ** に適切な語を入れよ。

問 6. 下線部①に関して、このような不均等な細胞質分裂はいろいろな動物の卵割においてもみられ、不等割とよばれる。カエルの卵割の過程で最初に起こる不等割について、どの時期に、どのような不等割が起こるか、40字以内で記せ。また、カエル卵において不等割が起こる要因について、50字以内で記せ。

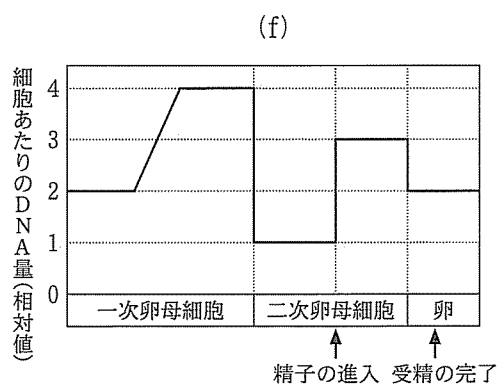
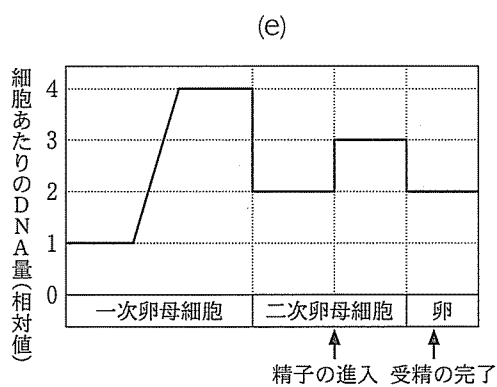
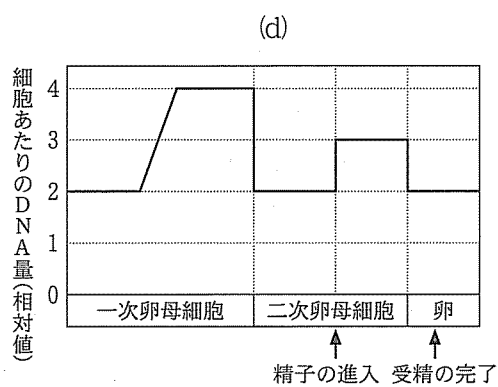
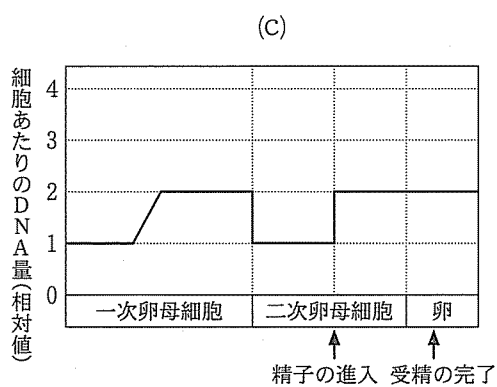
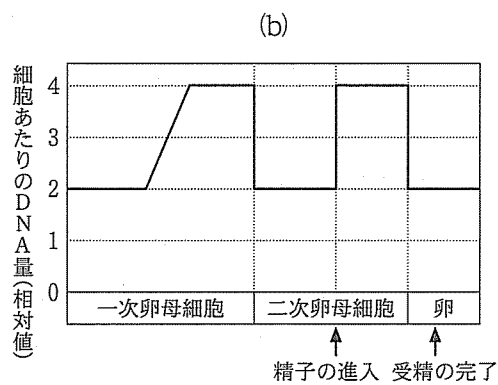
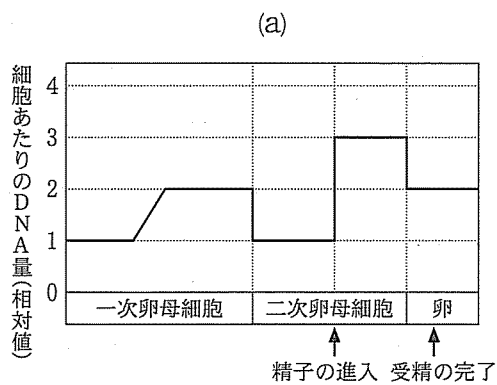
下書き用 (40字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|
| 5 | | | | | 10 | | | | | 15 | | | | | 20 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

下書き用 (50字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|
| 5 | | | | | 10 | | | | | 15 | | | | | 20 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問 7. 下線部②に関して、哺乳類の卵母細胞の減数分裂の進行に伴う細胞 1 個あたりに含まれる DNA 量の変化を表すグラフとして適切なものを次の(a)~(f)から 1 つ選び、記号で記せ。



3

次の文章Ⅰ、Ⅱを読み、問1～5に答えよ。(配点比率 医：33%，応生：20%)

Ⅰ. 地球上にはその場所の気候に対応するように固有の相観を示すバイオームがみられる。相観は基本的に として生育する植物で特徴づけられる。 とは個体数や重さといった量的な割合が多い種をいう。日本列島にみられるバイオームとして、沖縄を含む南西諸島には亜熱帯多雨林、九州から本州中部には ，本州中部から北海道南部には ，そして北海道には針葉樹林がみられる。また緯度や経度がほぼ同じであっても、低地から高山へと標高が高くなるにつれてバイオームが変化する がみられる。

地球上にみられるバイオームには、それぞれに多様な生態系があり、そして多様な生物が生活している。このような自然界の階層性に注目して生物多様性という概念が使われるようになってきた。生物多様性は遺伝的多様性、種多様性、そして生態系の多様性を含んでいる。

個体群における遺伝的多様性が高いと、環境が変化した場合でも対応できる個体が個体群中にいる確率が高くなるため、個体群が存続する可能性も高くなる。一方で遺伝的多様性が低いと、近親交配が起こる確率が高まり、成長率や出生率が低下したり、死亡率が上昇したりするために、個体群を構成する個体数が減少することもある。

種多様性は生態系における種の豊富さのことである。生態系を構成する種の間には競争、被食者・捕食者相互関係、共生、寄生といった種間関係がみられる。生活する空間や時間、利用する資源などにおいて、それぞれの種が生態系の中で占める位置を という。種多様性は、地域や生息地の環境条件によって大きく変化し、またかく乱の影響も受ける。

生態系の多様性は、地域に多様な環境をもたらすことで種の多様性を高めている。また、生まれてから死ぬまでに複数の環境を必要とする生物にとって、生態系の多様性は必要不可欠である。森林と海のように、空間的に離れている別の生態系であっても、水や栄養塩類の移動を通して密接に結びついている。

生物多様性国家戦略では、日本の生物多様性を脅かし、種の絶滅をもたらしている主な原因として、開発行為などによる生息地の破壊、伝統的管理の放棄、 の侵入、そして気候変動があげられている。種の絶滅は生態系サービスの低下を通して、我々の生活にも影響をおよぼす問題である。

問1. ～ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して，代表的な2つのバイオーム型における地上部の現存量と純生産量の関係を図1に示した。2つのバイオーム型とは森林，草原である。森林バイオーム型は図中のバイオームA，バイオームBのどちらであるか，記せ。また，森林バイオーム型と草原バイオーム型との間で現存量に大きな差が認められる理由を80字以内で記せ。

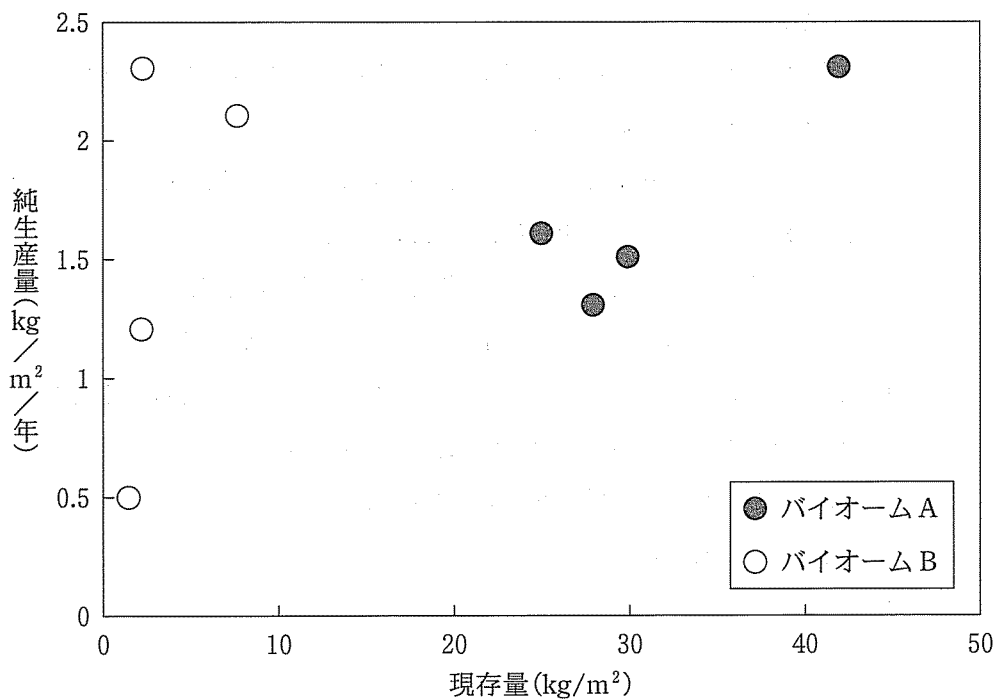


図1 代表的な2つのバイオーム型，バイオームA(●)の4地点，バイオームB(○)の4地点における現存量と純生産量の関係

下書き用(80字)

| 5 | | | | | 10 | | | | | 15 | | | | | 20 | | | | |
|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問 3. 下線部②に関して、かく乱と生態系との関係をあらわすものとして適切なものを、次の

(a)~(g)の中からすべて選び、記号で記せ。

- (a) 山火事、台風、地滑りといった自然かく乱は多くの生物を消滅させ、生態系における種多様性を減少させることもある。
- (b) 森林伐採などの人為的かく乱は、台風と違い、生態系の種多様性や物質循環に影響を与えない。
- (c) 極相林で台風による倒木などがおこるとギャップが形成されるが、ギャップでは二次遷移の過程を経て林冠の修復がおこる。
- (d) 中規模のかく乱があると、競争的に有利な種だけが生き残るために、種の多様性は小規模なかく乱がおこった場合に比べて低くなる。
- (e) 里山で高い種多様性が保たれてきたのは、薪や炭を生産するための伐採、落ち葉かき、草かりといった適度なかく乱が加えられてきたためである。
- (f) 野焼き(火入れ)が定期的に行われている場所では、人為的かく乱によって森林への遷移が妨げられるため草原が長期的に維持されている。
- (g) 雑木林を伐採すると林冠が失われて林床が明るくなるため、種子で繁殖する陰樹だけが優占する森林となる。



II. 植物では個体が利用できる空間、光、土壌中の栄養分や水分が制限される場合が多い。同種の植物個体が高い密度で生育すると、これらの資源をめぐる種内競争が激しくなり、密度効果のために出生率や成長率の低下、さらに死亡率の上昇がおこる。一定の密度以上では、生育が③進むと密度が高いほど個体の重量が小さい傾向があるために、単位面積当たりの総重量は密度に関係なく一定となる。

一方、植物の集団では時間が経過すると自己間引きという現象がみられることもある。そこで、次のような栽培実験を行った。4月3日にホソムギの種子を異なる密度(1000個/m², 5000個/m², 10000個/m², 50000個/m²)でポットに播種した。各密度のポットは複数であり、各ポットとも密度以外の生育条件は同じであった。播種した後、14日、35日、76日、104日、146日の時点における生存個体の密度と個体ごとの重量(乾燥重量)を調べた。各集団のそれぞれの調査日における密度と個体あたりの重量の平均の関係を示したのが図2である。

問 4. 下線部③のような現象を何というか記せ。

問 5. 下線部④に関して行われた実験の結果を示した図2において、初期密度の異なる4つの集団のいずれにおいても、時期や期間は異なるが、密度と個体あたりの重量の平均との関係の変化にステージI(破線の部分)とステージII(実線の部分)が認められた。ステージIIが自己間引きの過程と考えられる。ステージIIにおける変化の特徴を密度、死亡、重量という語を用いて、80字以内で記せ。

下書き用(80字)

| | 5 | 10 | 15 | 20 |
|--|---|----|----|----|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

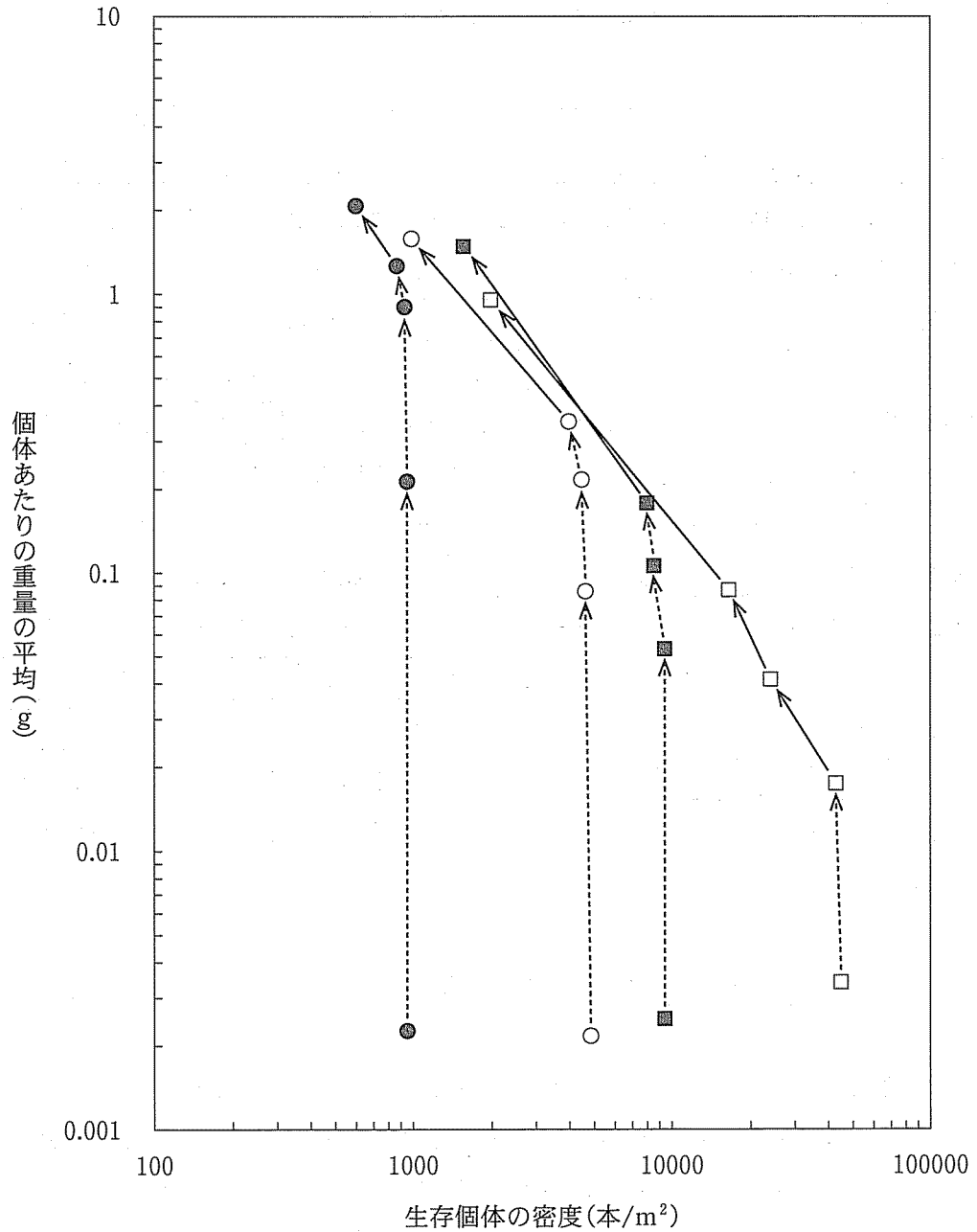


図2 ホソムギの自己間引きの過程

各集団の播種密度は1000個/m²(●), 5000個/m²(○), 10000個/m²(■), 50000個/m²(□)である。4月3日に播種し、下から順番に播種後の日数が、14日、35日、76日、104日、146日の時点における生存個体の密度と個体あたりの重量(乾燥重量)の平均を示した。横軸、縦軸ともに対数目盛で示してある。

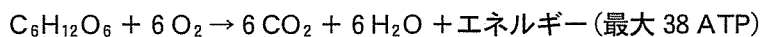
(Lonsdale & Watkinson, *New Phytologist* 90, 431-445, 1982 を一部改変)

4 次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 応生：20%)

ヒトは外界からさまざまな物質を取り入れて、生命活動に必要な成分を合成している。呼吸により摂取した酸素は、血液中のヘモグロビンと結合して全身の細胞に供給される。また飲食によって摂取した有機物も消化管から吸収された後、血液によって全身の細胞に送られる。ヒトは細胞内で酸素を利用して有機物を分解し、ATPを合成している。グルコースからATPが産生される過程は、解糖系、 および の3段階に分けられるが、この中で酸素を必要とするのは だけである。 において、酸素によって物質が酸化される過程で取り出されたエネルギーを用いてATPを合成する反応を という。産生されたATPの一部は筋収縮によって消費されるが、筋組織のATP量は限られているため、筋細胞中には がATPの5～10倍存在しており、迅速にATPを補給する仕組みがある。一方、解糖ではATPと を産生し、 の一部は休息によって酸素が十分に与えられるとピルビン酸に戻り、再びエネルギー源となる。呼吸基質としてグルコース以外にも脂肪やタンパク質も利用される。脂肪は加水分解され、 と になり、 は解糖系に入って分解される。タンパク質から分解されたアミノ酸は、有機酸と に分解され、 は に運ばれてオルニチン回路(尿素回路)とよばれるATPを消費する反応により尿素となる。このようにしてATPを利用することで、ヒトは神経活動や筋収縮などの生命活動を行うことができる。

問1. ～ に適切な語を入れよ。

問2. 呼吸によりグルコースからATPが産生される反応式を下に記した。これを例にして、脂質の一つであるパルミチン酸($C_{16}H_{32}O_2$)を呼吸基質としたときの反応式を完成しなさい。ただし、エネルギー(ATP)量は答える必要はない。また、このとき呼吸商はいくらになるかを、計算式とともに記せ。なお、呼吸商は小数点第2位を四捨五入して小数点以下第1位まで記せ。



問3. 1 molのグルコースが完全に酸化・分解されると、最大で686 kcalのエネルギーが産生される。1 molのATPをADPとリン酸から合成するには7.3 kcalのエネルギーを必要とするとき、1 molのグルコースから何%のエネルギーをATPとして取り出すことができるかを、計算式とともに記せ。なお、答えは小数点第2位を四捨五入して小数点以下第1位まで記せ。また、残りのエネルギーは何になるかを記せ。

問 4. 下線部①に関して，図 1 の実線はヒトのヘモグロビン，図 2 の実線はヒトのミオグロビン（ヘモグロビンに似た機能をもつ赤筋組織中のタンパク質）の 1 気圧，標準的な組成の空気の条件下での酸素飽和度と酸素分圧の関係を表した酸素解離曲線である。以下の問いに答えよ。

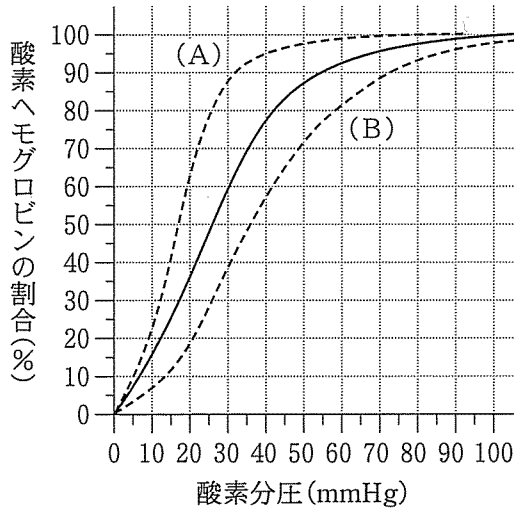


図 1 ヘモグロビンの酸素解離曲線

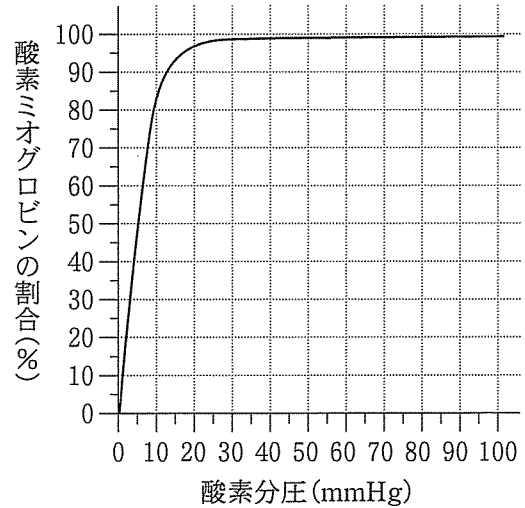


図 2 ミオグロビンの酸素解離曲線

- (1) 動脈血の酸素分圧は 100 mmHg であり，組織通過後の静脈血の酸素分圧は 30 mmHg であった。ヘモグロビンの血中濃度は 15.0 g/100 mL であり，ヘモグロビン 1.0 g あたり 1.39 mL の酸素が結合するとき，この組織で血液 1.0 L あたり何 mL の酸素が消費されたかを，計算式とともに記せ。なお，答えは小数点第 2 位を四捨五入して小数点以下第 1 位まで記せ。ただし，組織通過の前後でヘモグロビン濃度は変化せず，血液へ直接溶解する酸素は無視できるものとする。
- (2) 激しい運動によって組織中の二酸化炭素濃度が上昇したとき，ヘモグロビンの酸素解離曲線は，破線で示した(A)あるいは(B)の曲線のどちらになるか，記号で記せ。また，ヘモグロビンの酸素解離曲線におけるこの変化はどのような意味を持つか，30 字以内で記せ。

下書き用 (30 字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|
| | | | | | 5 | | | | | | 10 | | | | | | 15 | | | | | | 20 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(3) イルカやクジラなどの水生哺乳類の筋肉には、ミオグロビンが多く含まれることが知られている。この事実から筋肉中でのミオグロビンの役割を、ヘモグロビンとの酸素解離曲線の違いを含めて、60字以内で記せ。

下書き用 (60字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5 次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 応生：20%)

アユの多くは、春に海から川の中・上流域^{まじょう}へ遡上し、秋に下流域^{こうか}に降下して産卵する。孵化した仔魚^{しぎよ}は海へ下って冬を過ごし、翌春に再び川へ戻る。アユの成魚は川底の石の表面に付着する藻類を摂食する。その際、同種^①の他個体を排除する範囲である縄張りを形成する個体もいる。

ある川において、アユの個体数を調査しようと計画した。個体群を構成する一部の個体を調べる^②ことにより全個体数を推定する方法はいくつか存在するが、その1つとして、生息地に一定の広さの区画を設定し、その中の個体数をすべて数えることによって地域全体の個体数を推定する方法がある。これを **ア** という。また、捕獲した個体に標識をつけてから放し、しばらく時間をおいて再び同様の条件のもとで捕獲した個体に含まれる標識個体の数から全体の個体数を推定する方法もある。これを **イ** という。

生態系の中では、生物の間に食う食われるの関係がみられる。例えば、アユの成魚は藻類を摂食する一方、コクチバスなどに捕食される。このような一連の関係を **ウ**、その関係における各段階のことを栄養段階^③という。個体数や現存量(生物量)、生産量について、この段階ごとに順に積み重ねたものを **エ** という。

問 1. **ア** ~ **エ** に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して、アユの縄張り形成について調べるために、各 10 m² の広さをもつ流水実験池として、池 1、池 2、池 3 を用意し、それぞれに 6、15、50 個体のアユを放流した。図 1 は、それぞれの池で縄張りを形成した個体と縄張りを形成せずに群れていた個体の割合、および縄張り 1 つの大きさの平均を表している。また、図 2 は、縄張りの大きさと、縄張りから得られる利益および縄張りの維持に必要なコストとの関係を示したものである。以下の問いに答えよ。

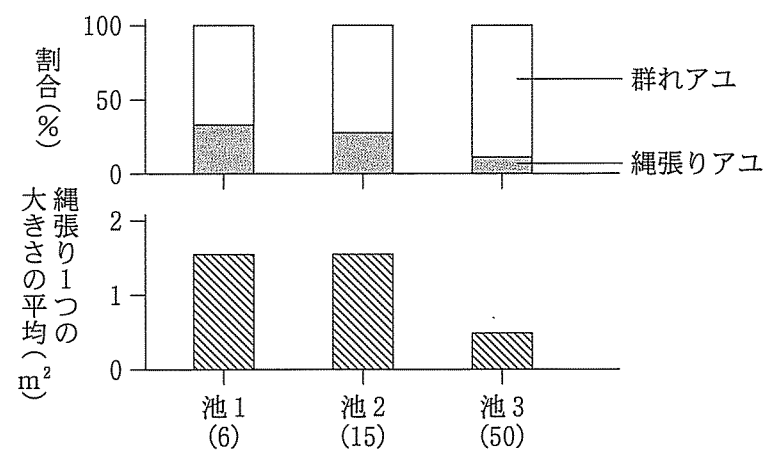


図 1 縄張りアユと群れアユの割合および縄張りの大きさ
カッコ内はアユの個体数を表す。

問 3. 下線部②に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 調査範囲の川を、橋を目印にして多数の区画に分け、そのうちの n 個の区画をランダムに選んだ(図 3)。調査範囲全体の川の長さは 15 km、選んだ n 個の区画の川の長さの合計は 1.2 km であった。アユが川の中・上流域に定着している夏に、選んだ区画に生息する全個体数を潜水による水中目視により数えたところ、3400 個体の生息が確認された。調査範囲全体に生息するアユの推定個体数を答えよ。なお、調査範囲全体としてはアユの生息密度に偏りはなく、川幅も一定と仮定する。

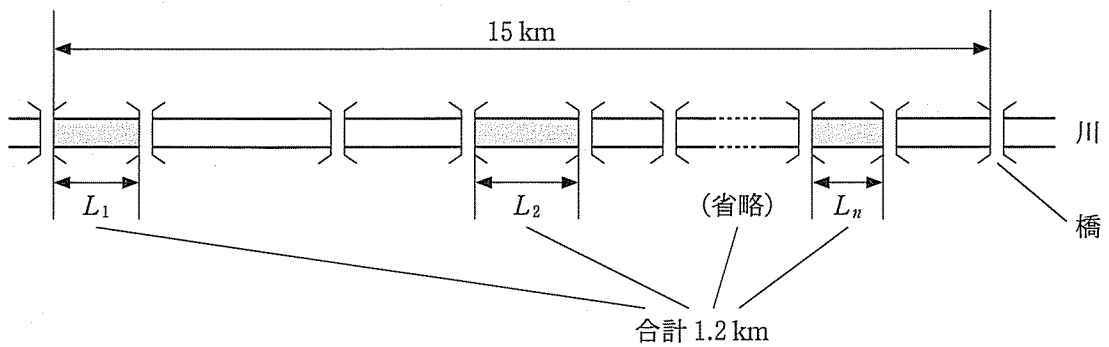


図 3 調査地の模式図

灰色の部分全個体数を調べた n 個の区画であり、 L_1, L_2, \dots, L_n はそれぞれの部分の川の長さを表す。

- (2) アユのような縄張りを作る動物では が適切な方法とはいえない。その理由について、50 字以内で記せ。

下書き用 (50 字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|
| 5 | | | | | 10 | | | | | 15 | | | | | 20 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問 4. 下線部③に関して、生態系における物質生産や物質収支をあらわすものとして適切なものを、次の(a)~(f)の中からすべて選び、記号で記せ。ただし、二次消費者が生産者を摂食することはないものとする。

- (a) いずれの生態系においても、純生産量は栄養段階が上がるほどつねに小さくなる。
- (b) いずれの生態系においても、現存量は栄養段階が上がるほどつねに小さくなる。
- (c) いずれの生態系においても、個体数は栄養段階が上がるほどつねに少なくなる。
- (d) いずれの生態系においても、エネルギー効率は栄養段階が上がるほどつねに低くなる。
- (e) 海や湖沼などの水界生態系における生産者の成長量は、硝酸塩やリン酸塩などの栄養塩類の量のみによって決まる。
- (f) 生産者の単位面積当たりの純生産量を比較した場合、海洋全体における純生産量の平均値は陸地全体における平均値よりも小さい。

