

平成28年度10月入学者選抜試験

平成29年度4月入学者選抜試験

修士課程（博士前期課程）

入学試験問題

（専門科目）

<解答上の注意>

- 受験番号、氏名、志望コース名を全ての答案用紙に明記すること
- 設問番号1～12から3つの設問を選び、解答すること
(解答する3つの設問はどの系の科目から選択してもよい)
- 解答する設問ごとに1枚の答案用紙を使用すること
(答案用紙が足りなければ裏面を使用すること)
- 答案用紙ごとに解答する設問番号を右上口内に記入すること

北海道大学

大学院環境科学院 生物圏科学専攻

設問番号 1 (フィールド系科目)

問 1 図 1 は異なる光環境で生育した葉の光—光合成曲線 (右下は弱光部の拡大図) である。図のどちらの曲線 (a あるいは b) が陽葉もしくは陰葉かを指摘し、それらの特性を説明せよ。

問 2 光補償点について説明せよ。必要ならば、図示しても良い。

問 3 成木 (例えば、高さ 20m) の樹冠 (上部にある葉が集まっているところ) では上層から下層にかけて光強度が急激に低下する。その場合、樹冠内では昆虫からの食害の空間分布はどのようにっていると予想できるか、その理由とともに説明せよ。

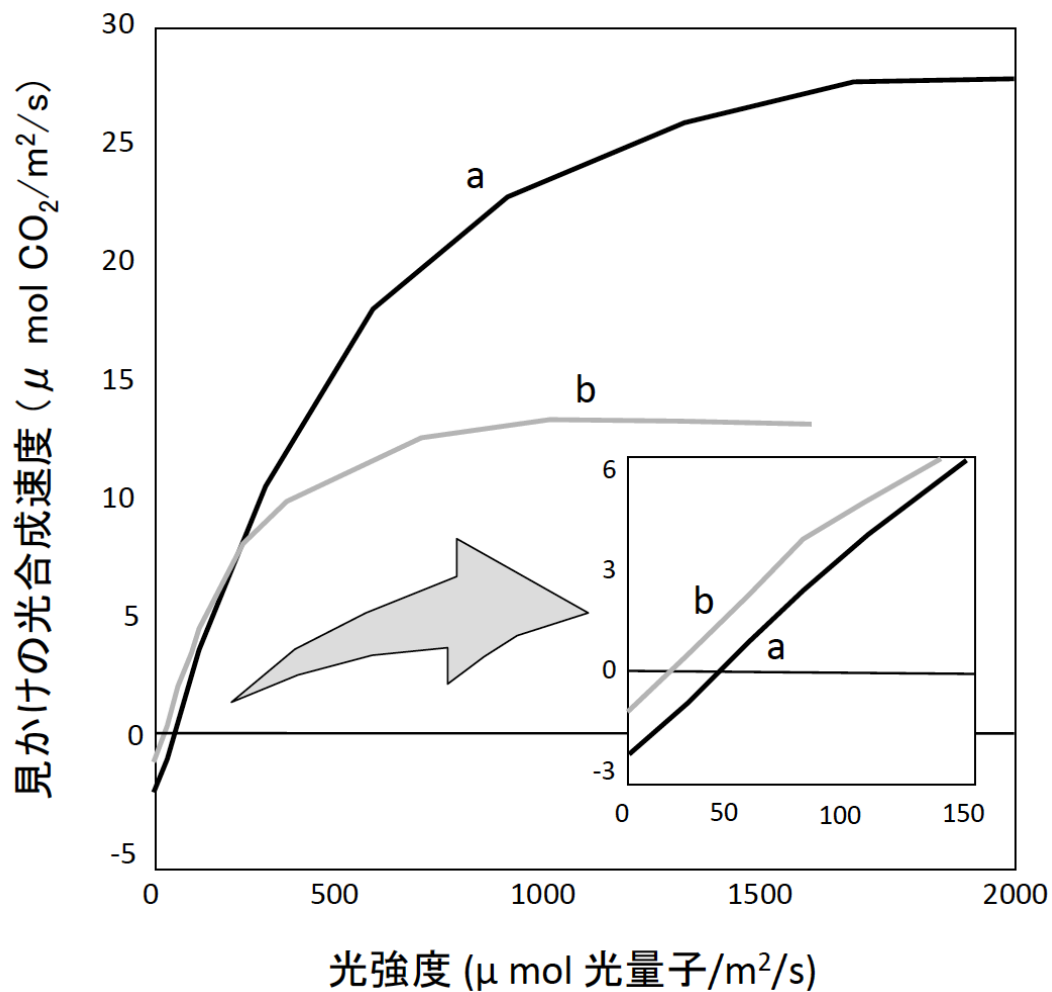


図1

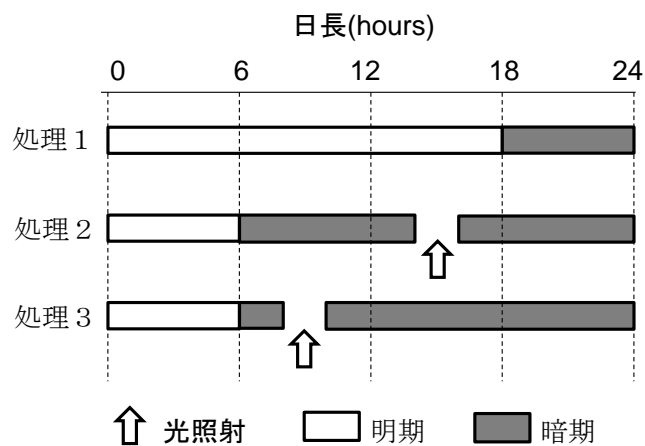
設問番号 2 (フィールド系科目)

植物の光周性について以下の問いに答えなさい。

- 問 1 植物を光周性の視点から分類すると、短日植物、長日植物および中日植物に大別される。短日植物、長日植物および中日植物の有する特性を述べ、該当する植物種を下記から2つずつ選択しなさい。

ペチュニア ダイズ キュウリ ホウレンソウ キク トマト

- 問 2 限界日長(限界暗期)を12時間とする短日植物 A、長日植物 B について、以下の図のような日長処理と光中断(暗期中の光照射)を行った。両植物とも限界暗期は12時間である。各処理で開花する植物(AあるいはB)を選択せよ。該当する植物がない場合はその旨を記述しなさい。



- 問 3 光周性を制御しながら経済的(産業的)な栽培をしている植物と、その事例を紹介しなさい。

設問番号 3 (フィールド系科目)

以下の文章を読み、問 1 から問 4 に答えよ。

生物の利他行動とは、自分がコストを払って他個体に利益をもたらす行動のことである。鳥類では、両親以外に子の世話に加わる (①) と呼ばれる個体が知られる。また、見張り役の個体は、捕食者の存在に気づいたとき、自分に注意を引くにもかかわらず (②) を発して他個体に注意を促す。昆虫類のアリやミツバチには、自分は生涯繁殖せずに他個体の繁殖を助ける (③) がいる。

利他行動はどのようにして進化できるのだろうか？他個体の適応度を大きくし (=利益を与える)、自分の適応度を減らす (=コストを払う) 行動をもたらす遺伝子があるとする。なにも条件がなければこの遺伝子をもつ個体は集団の中で (④) なので、遺伝子プールにおけるその遺伝子の頻度は世代を経るとともに (⑤) する。すなわち、利他行動は進化できない。しかし、利他行動によって利益を受けるのが、自分と祖先を共有する近縁個体である場合には進化できる。近縁個体は、自分と同じ遺伝子を共有する確率がランダムに選ばれた個体よりも (⑥) い。そのため、このとき 利他行動によって自分自身にコストが発生しても、それを補って余りあるほどに近縁個体が利益を受け、その近縁個体が自分と同じ遺伝子を共有する確率が十分に高ければ、この利他行動をもたらす遺伝子が近縁個体を通して集団に広がっていく。

この考え方から、利他行動が進化的に有利になる条件は、自分自身のコスト C 、受益個体の利益 B 、両個体間の血縁度 r (近縁度、共通祖先から受け継いだ共有遺伝子の割合) によって $rB > C$ と表される。

問 1. (①) ~ (⑥) の空欄にあてはまる適当な語句を以下の枠内から一つずつ選べ。ただし、同じ語句を重複して用いないこと。

ワーカー、クイーン、ヘルパー、パラサイト、有利、不利、高、低、増加、低下、モーニングコール、アラームコール、フードコール

問 2.

- (1) 下線部の進化過程による生物の性質の選択を何とよぶか答えよ。
- (2) 下線部は、この性質の進化において包括適応度の大きさが重要であることを述べている。通常の適応度と対比させて包括適応度の意味を説明せよ。

問 3. 属する個体が平均して互いに遺伝子の 4 分の 1 を共有している動物集団がある。この集団において利他的な行動があったとき、その行動をする個体に 1 のコストが生じ、受益個体は 3 の利益が得られる。この利他的な行動は進化すると予測できるか。二重下線部の不等式に基づいて予測とその理由を説明せよ。

問 4. 利他行動のような同種個体間の社会行動は動物界で広くみられるが、植物界における社会性の有無も最近では活発に議論されている。たとえば、昆虫から被食された植物は揮発性のシグナル物質を発生し、近隣の同種個体はそのシグナル物質を受容して被食防衛レベルを向上させることがある。この植物個体間のコミュニケーションでは、シグナルを発生する個体と受容個体の関係が近縁なほど効果的に生じる可能性があるという。波線部の現象を実証するための実験について計画を考えて説明せよ。図を用いても良い。

設問番号 4 (フィールド科学系科目)

以下の文章は生物群集の種多様性の測定について述べたものである。説明文をよく読み、各問いに答えよ。

生物群集の種多様性に関する研究では、目的や得られたデータのタイプに応じて、さまざまな異なる指数が利用されている。種多様性を表すもっとも直接的な指数は、種数(種の豊富さ)、すなわちある場所あるいはサンプルの中に出現する種の総数である。種数は、調査した面積や努力の違いに応じて変わるものであり、特に、個体数が少ない種が多い場合は過小評価になることがある。そのため、場所間で種数を比較する場合は、調査面積や努力の違いを補正した評価が必要である。

種多様性は単に種数だけで表されるものではない。仮に種数が同じであっても、個体数の組成が特定の1種に偏るよりも、多くの種が同じぐらいの個体数で生息している方がより多様性が豊かであると評価することもできる。これは、群集構成の均等度を測定することにより比較できる。シャノン・ウィーナー指数やシン普森指数など、種数と均等度の両方を反映したさまざまな多様性指数が利用されている。

- 問 1** 種多様性を場所間で比較評価する場合、種数と多様性指数を利用する利点と欠点をそれぞれ挙げ、どのような目的の研究でどの指数を使うのが適切かについて説明しなさい。
- 問 2** ある地域の3つの湖沼の無脊椎動物群集について、採集網を利用して調査を行い、表1のような結果を得た。種数、個体数、さらに調査努力(網を入れた回数)は湖沼間で異なっている。採集努力の違いを補正したうえで、種数の湖沼間比較を行いたいが、どのような方法が可能かについて考え、説明しなさい。
- 問 3** この3つの湖沼を保護区として登録、管理することになったが、予算の関係により、段階的に1つずつ指定していくことになった。無脊椎動物群集の保全をもっとも有効に進めるためには、どの順で保全を進めるべきか湖沼の優先順位付けをすると共に、その

順位を付けた理由を説明しなさい。

表1 3つの湖沼における無脊椎動物の種ごとの個体数

	湖沼1	湖沼2	湖沼3
種1	20	15	0
種2	5	1	0
種3	1	0	3
種4	15	5	0
種5	0	0	15
種6	12	3	0
種7	2	0	2
種8	8	2	0
種9	0	0	5
種10	3	1	1
採集回数	10	8	10

設問番号 5 (生命科学系科目)

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

アミノ酸は、分子中にアミノ基とカルボキシル基の両方の官能基をもつ有機化合物である。特に 2 つの官能基が同一の炭素原子に結合しているものを α -アミノ酸とよぶ。タンパク質を構成する天然のアミノ酸は約(①)種類が知られる。グリシンを除くすべてのアミノ酸は、中心の炭素原子にすべて異なる原子や原子団が結合した(②)炭素をもつので、光学異性体が存在するが、タンパク質を構成するアミノ酸はすべて(③)型アミノ酸である。アミノ酸は溶液の pH によって荷電状態が変化することが知られ、中性水溶液中では正と負の電荷が共存した(④)イオンの状態になる。特に分子全体の電荷がゼロになる pH のことを(⑤)とよぶ。側鎖が示す化学的な特性により、中性、酸性、塩基性、疎水性アミノ酸などに分類することが多い。アミノ酸はタンパク質を構成するだけでなく、さまざまな二次代謝産物の合成基質や、植物では生体成分に無機窒素化合物を取り入れる窒素(⑥)の基質として利用される。

問 1. 空欄(①)～(⑥)に最も適切な語句を入れよ。

問 2. 下線部について、以下はアラニンの異なる pH における電離平衡状態を表した示性式である。[①]～[④]に当てはまる化学式を電荷の状態も含めて正確に答えよ。

酸性水溶液中..... N[①]-CH(CH₃)-COOH
 中性水溶液中..... N[②]-CH(CH₃)-CO[③]
 塩基性水溶液中..... NH₂-CH(CH₃)-CO[④]

問 3. 次の文章は、あるアミノ酸を説明したものである。説明文に該当するアミノ酸の名前をすべて答えよ。

- (1)側鎖がアミノ基と結合してイミノ酸となっている。環状構造のためタンパク質の立体構造を大きく制限する。
- (2)反応性の高い脂肪族ヒドロキシ(ル)基をもつ。リン酸および糖鎖修飾を受けることがある。
- (3)反応性の高いチオール基をもつ。二つの分子の間でジスルフィド結合を形成してタンパク質の構造を安定化する。
- (4)芳香族側鎖をもつ。タンパク質の疎水性領域の形成に必要であり、近紫外域(約 280 nm)に吸収極大波長をもつ。

問 4. フェニルケトン尿症は、フェニルアラニンからチロシンを合成するフェニルアラニンヒドロキシラーゼに異常があるヒト疾患である。この疾患の対処療法として、血液中のフェニルアラニン濃度を適正に保つ食事制限が推奨されているが、その理由をアミノ酸代謝の観点から簡潔に述べよ。

設問番号 6 (生命科学系科目)

次の文を読み、以下の問いに答えよ。

近年になって、エボラ出血熱、ジカ熱、デング熱、エイズなどの感染症が人類を脅かしている。これらの感染症の原因となるウイルスは、物質的には、(①) と (②) から構成される構造物で、生物の基本単位とされる (③) を持たないことなどから、生物の定義からは除外される。ほとんどの生物は遺伝物質として (④) を、(③) 内に保有するが、ウイルスの中には (④) 以外に、(⑤) を遺伝物質として持つものも多く知られる。

通常、生物が遺伝子の機能を発揮するためには、(a) (④) → (⑤) → (①) という「遺伝情報の流れ」が重要であり、これは生物学における基本原理と考えられている。しかし、(⑤) を遺伝物質としてもつウイルスが宿主に感染した場合には、(b) 遺伝情報の流れが通常とは異なる様式を示すことが知られている。これらのウイルスが宿主への感染時に、通常とは異なる「遺伝情報の流れ」を行うための(c) 特殊な酵素がこれらのウイルスの遺伝情報にはコードされている。遺伝子工学の分野では、(d) この特殊な酵素を用いた技術により、発現している遺伝子を解析することが簡便に行うことができるようになった。

問 1. 空欄(①)～(⑤)に適切な語句を入れよ。

問 2. 下線部(a)について、この基本原理は何とよばれるか。また、この基本原理が示す「遺伝情報の流れ」について説明せよ。

問 3. 下線部(b)について、(⑤) を遺伝物質として持つウイルスが宿主に感染した場合の「遺伝情報の流れ」はどのようなものになるか説明せよ。

問 4. 下線部(c)について、この酵素は何とよばれるものか記せ。

問 5. 下線部(d)について、この酵素を用いた遺伝子発現の解析方法はどのようなものか。酵素の機能に着目して説明せよ。

問 6. 生物には、環境に応じて形質を変化させる「表現型可塑性」が備わっている。表現型可塑性において、遺伝子発現のしくみはどのように環境応答と関わっているかについて説明せよ。

設問番号 7 (生命科学系科目)

問1. 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

細菌細胞を窒素の重い同位体(^{15}N)のみを含む培地で数世代培養したのち、軽い同位体である ^{14}N を含む通常培地に植え継いだ。 ^{14}N を含む培地に移して 1 世代後と 2 世代後に細胞サンプルを回収し、その DNA を塩化セシウム溶液に溶かし、超遠心分離した。

(1) 以下の DNA を用いて超遠心分離を行った場合、現れた DNA のバンドパターンがそれぞれどのようなようになるかについて述べよ。図示してもよい。

- (a) 通常培地のみで培養した対象細胞の DNA
- (b) ^{15}N 培地で培養した細胞の DNA
- (c) ^{14}N 培地に移して 1 世代目の細胞の DNA
- (d) ^{14}N 培地に移して 2 世代目の細胞の DNA

(2) 実験結果の結論について、下線部に続けて述べよ。

DNA 二本鎖が複製する際には、_____。

問2. 次の文章を読み、設問に答えよ。

アカパンカビのアルギニン合成欠損変異株を分離する実験を行った。アカパンカビを試験管内の合成培地で培養し、孢子に放射線照射し変異を起こした。照射後に孢子はすべての栄養素を含む完全培地に植えた。完全培地でコロニーが形成したそれぞれの孢子を最少培地に移した。各遺伝子の欠損変異株はアルギニン生合成経路における中間体を添加した最少培地で増殖させることにより同定した。実験より、アルギニン合成代謝と遺伝子との関係を明らかにした(図)。この結論は、各培地上の増殖の有無の結果から導かれる。

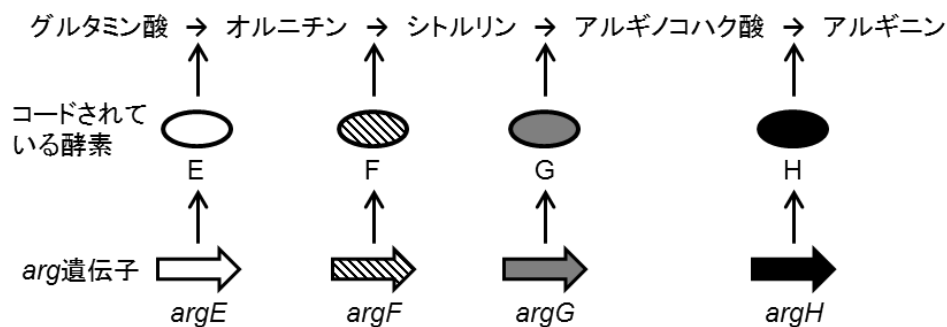


図. アルギニン合成代謝と関連遺伝子実験の結論

(1) 以下の表中の①から⑯について、変異株が増殖した場合は“+”、増殖しなかった場合は“-”で答えよ。

表. アルギニン合成欠損変異株の増殖結果

変異遺伝子	最少培地への添加基質			
	オルニチン	シトルリン	アルギノコハク酸	アルギニン
<i>argE</i>	①	②	③	④
<i>argF</i>	⑤	⑥	⑦	⑧
<i>argG</i>	⑨	⑩	⑪	⑫
<i>argH</i>	⑬	⑭	⑮	⑯

問 3. 細胞に見られるタンパク質の種類(型)、組成、数(量)は、遺伝子変異および遺伝子発現の調節によって影響される。これら2つのプロセスの違いを述べよ。

問 4. どの生物から得たのかわからない DNA サンプルがあるとする。その生物を特定するにはどのようにすればよいか述べよ。

設問番号 8 (生命科学系科目)

問 1. 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

多くの動物と植物は有性生殖によって子孫を残す。有性生殖の根幹は、減数分裂と (①) にあり、減数分裂と (①) が繰り返されて生活環が維持されている。(①) は配偶子が融合して新しい細胞ができることであり、配偶子合体ともよばれる。

減数分裂に特徴的な染色体の挙動は、第一減数分裂前期にみられる。それは互いに相同な染色体が密着する現象で、これを (②) という。(②) した相同染色体は第一減数分裂中期に赤道面に移動し、第一分裂後期には、相同染色体は互いに反対側の極に分かれる。この結果、娘細胞の染色体数は半減することから、第一減数分裂は還元分裂ともよばれる。

減数分裂に特徴的なもう一つの現象が、第一減数分裂前期に起こる。それは、‘遺伝子組換え’もしくは‘染色体乗換え’とよばれる現象で、相同染色体間で染色体の部分的な交換が起こることである。この乗換えが起こっている場所を (③) という。有性生殖の過程で生じる染色体の自由な組み合わせと染色体乗換えの現象は、遺伝的多様性を増加させる要因となっている。

- (1) 空欄①に入る適切な用語を答えよ。
- (2) 空欄②に入る適切な用語を答えよ。
- (3) 空欄③に入る適切な用語を答えよ。
- (4) 減数分裂では、2 回の細胞分裂 (第一減数分裂と第二減数分裂) が起こる。第二減数分裂は体細胞分裂 (有糸分裂) と似ているが、異なる点もある。その異なる点について DNA 複製の観点から説明せよ。

問 2. 以下の用語を簡潔に説明せよ。

- (1) 核型
- (2) セントロメア
- (3) 核小体
- (4) 染色分体
- (5) 紡錘糸

設問番号 9 (水圏海洋圏科学系科目)

真骨魚類の環境水（塩分）への適応に関する次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

海水の平均的な塩分は約(A)%であるが、これをパーセントに直すと、約(B)%となる。海水の主な溶質であるイオンは(C)と(D)であり、両者で海水中の全イオン重量の約86%の重量を占める。真骨魚類(以下単に”魚”)の体液中のイオン濃度は海産魚・淡水魚問わず海水の(E)%弱である。そのため(F)差が生じ、海水中の魚では(G)が流入し、(H)が流出する。一方、淡水中の魚では(I)が流入し、(J)が流出する。このような状況で体内の(F)を一定に保つため、海産魚は(K)を飲み、エネルギーを消費して能動的に(L)から(M)を排出するとともに、少量で海水とほぼ等張の(N)を出す。淡水魚は、(L)から(O)を取り入れるとともに、多量の(N)を(P)で作り(Q)を排出する。このようなことから、海水魚を(R)%程度の海水で養殖することにより(S)調節のためのエネルギーを節約でき、(T)の上乗せが期待できるとする説もある。

魚の中には海水と淡水を行き来できる種類が存在し、産卵のために川を遡る魚種を①遡河回遊魚、産卵のために川を降る魚種を②降河回遊魚と呼ぶ。これらの魚種では生活史の中で体の仕組みを(U)の作用により作り変える必要がある。遡河回遊魚において、海水への適応を促す(U)からのシグナルの一つは(V)であり、淡水適応には(W)が重要であることが知られている。

問1. 空欄(A)～(W)に入る最も適切な(もしくは近い)数字あるいは語句を下の枠中から選びなさい。同じ数字・語句を何度用いてもよい(すなわち、異なるアルファベットでも同じ数字・語句が入る場合があるので注意すること)

0.035, 0.35, 3.5, 35, H⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, OH⁻, H₂O, CO₂, HCO₃⁻, アンモニア, エタノール, イオン, 塩化物, 酸, 塩基, ソマトラクチン, プロラクチン, 成長ホルモン, サイロキシン, グロブリン, アルブミン, 浸透圧, 静水圧, 酸素分圧, 蛋白質濃度, 淡水, 汽水, 海水, 肝臓, 腎臓, 鰓, 筋肉, 腸, 尿, 粘液, 糞, 運動神経系, 内分泌系, 免疫系, 成長, 成熟

(次頁に続く)

問2. 下線部で示した①遡河回遊魚と②降河回遊魚に区分される魚種名をそれぞれ一つずつ挙げなさい。

設問番号 10 (水圏海洋圏科学系科目)

問 1 海洋における一次生産者（植物プランクトン）と陸域における一次生産者（植物）には、様々な点において顕著な相違が存在する。その相違を以下の項目についてそれぞれ具体的に示し、その理由について生息環境の特性と関連させて説明しなさい。

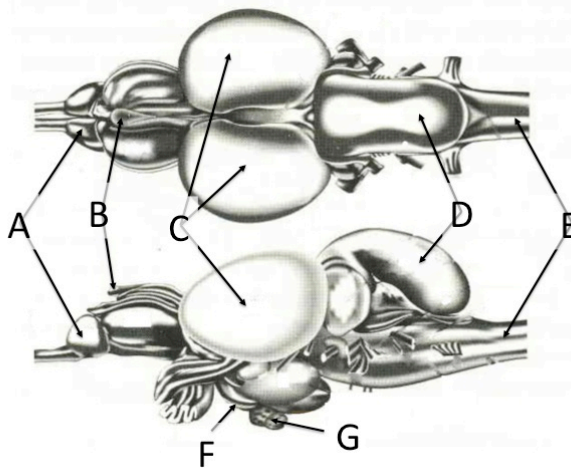
- (1) サイズ
- (2) 基本構造
- (3) 栄養獲得様式
- (4) 構成成分
- (5) 採食（被食）
- (6) P/B 比（生産/バイオマス比）

問 2 以下の 5 つの用語から 3 つを選択し、それらの意味について説明しなさい。

- (1) 栄養塩
- (2) Microbial loop
- (3) CTD
- (4) 深層大循環
- (5) 海洋酸性化

設問番号 11 (水圏海洋圏科学系科目)

以下の図はニジマス(ニジマス)の脳の模式図である。以下の問いに答えなさい。



恒星社厚生閣「魚類生理学の基礎」より引用

問 1. A から G までの名称とその機能の一部を、それぞれ 1 から 9、i から vii の語句から選び記号を記入しなさい。

【名称】

- | | | |
|---------|-------|---------|
| 1. 脳下垂体 | 2. 小脳 | 3. 脊髄 |
| 4. 嗅球 | 5. 視蓋 | 6. 視床下部 |
| 7. 松果体 | 8. 延髄 | 9. 端脳 |

【機能】

- i. 概日リズムの調整など
- ii. 成長ホルモン、甲状腺刺激ホルモン等のホルモン分泌
- iii. 視神経の投影
- iv. 嗅神経の投影
- v. 環境情報の統合と、成長や浸透圧の神経による調節
- vi. 感覚情報や刺激伝達の経路
- vii. 運動学習と運動機能の調節

(次頁に続く)

問2. 成熟雌親魚において、脳の3カ所の機能を刺激あるいは模倣することにより、排卵を誘導することが可能である。3つの場所と排卵を誘導するための方法をそれぞれ述べなさい。

設問番号 12 (水圏海洋圏科学系科目)

問 1. 下記の表は、r-, K-戦略をとる生物の生息環境と生態学的特徴を示している。最も適する特徴(A)～(V)を下記の語句①～②から選びなさい。尚、“個体数”と“進化する形質”の語句の選択は順不同でよい。

	r-戦略	K-戦略
気候	(A)	(B)
死亡率	(C)	(D)
個体数	(E), (F) 順不同	(G), (H) 順不同
種内・種間競争	(I)	(J)
進化する形質	(K), (L), (M), (N), (O) 順不同	(P), (Q), (R), (S), (T) 順不同
生存期間	(U)	(V)

- | | |
|--------------------|--------------------|
| ① 安定している | ② 変化に富む |
| ③ 通常、環境収容力よりかなり低い。 | ④ 破壊的に起こる密度独立 |
| ⑤ 密度依存 | ⑥ 比較的穏やかである。 |
| ⑦ 環境収容力の限界に近く、高密度 | ⑧ 早い発育 |
| ⑨ 高い競争能力 | ⑩ 変化がはなはだしく、平衡がない。 |
| ⑪ 高い内的自然増加率 | ⑫ 安定し、平衡状態にある。 |
| ⑬ 小さい体 | ⑭ 早い繁殖 |
| ⑮ ゆっくりとした発育 | ⑯ ゆっくりとした繁殖 |
| ⑰ 通常きびしい | ⑱ 小さい子を多産する |
| ⑲ 大きい体 | ⑳ 短い |
| ㉑ 長い | ㉒ 大きい子を少産する |

問 2. 水温と塩分が異なるが密度の等しい二つの海水の水塊 A, B が等量混ざり合い、中間の水温、塩分を持つ水塊 C ができた。この水塊 C の密度はもとの水塊 (A, B) の密度よりも大きくなることを T-S ダイアグラムを用いて説明しなさい。