

平成 17 (2005) 年度

慶應義塾大学入学試験問題

医 学 部

理 科

- 注 意
1. 受験番号と氏名を解答用紙に必ず記入してください。
 2. 受験番号は、所定欄のわく内に一字一字記入してください。
 3. 解答は、必ず解答用紙の所定の欄に記入してください。
 4. 問題用紙の余白は計算および下書き用です。
 5. この冊子の総ページ数は 24 ページです。試験開始の合図とともにすべてのページが揃っているか確認してください。ページが抜けていたり重複していたら直ちに監督者に申し出てください。

生物

解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

I 以下の文を読み、問1—6に答えなさい。

体温や血液中のイオン濃度など、からだの内部のさまざまな条件を [a] という。これと区別して、個体を取りまく外界の条件を [b] という。生物には、変化する [b] に対して [a] を生命維持に必要な範囲内に保つ性質、すなわち [c] がある。ほ乳類や鳥類などは、外気温が変わっても内部の熱源によって体温を一定に調節できる。一方、トカゲを飼育箱に入れて実験的に箱内の温度を変化させると、トカゲは熱源のほとんどを外気温に依存していることがわかる₍₁₎。ところが、じっさいに晴天の野外で活動するトカゲの体温を調べてみると、図2のようであり、動物はさまざまな行動によっても体温を調節していることがわかる。内部の熱源のおもなものとしては代謝熱があり₍₂₎、その他、たとえば [d] によっても発熱がおこる。また冬眠中の動物や新生児では特別なしくみ₍₃₎を利用している事が知られる。これと同じようなしくみは、ある種の植物にもあって、冬期に開くその花の周囲では雪が溶けるほどである。

問1. 文中の [a]—[d] に適当な語や語句を入れなさい。

問2. [c] のしくみについて体温以外の具体例をあげて説明しなさい。

問3. 下線(1)の結果をあらわすため、図1にヒトの体温を実線で、トカゲの体温を破線で示しなさい。

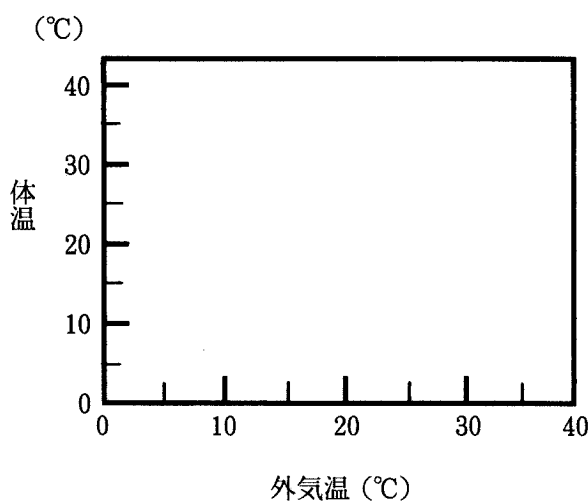


図1

問4. 図2はある1日のトカゲの行動と温度の関係について調べた結果である。時間帯①－④でそれぞれ特徴的な行動がみられ、たとえば①ではトカゲは日出直後に岩の上に出て日光浴を始め、④では日没直前に巣穴に戻った。

4-1. 各温度曲線(A-C)に対応するものを下の選択肢(ア-オ)から選びなさい。

- ア. 日の当たる地表の温度 イ. 池の水温 ウ. 巣穴の温度
 エ. トカゲの体温 オ. 観察小屋の温度

4-2. ②および③でトカゲがどのような行動を示したかを考えて記述しなさい。

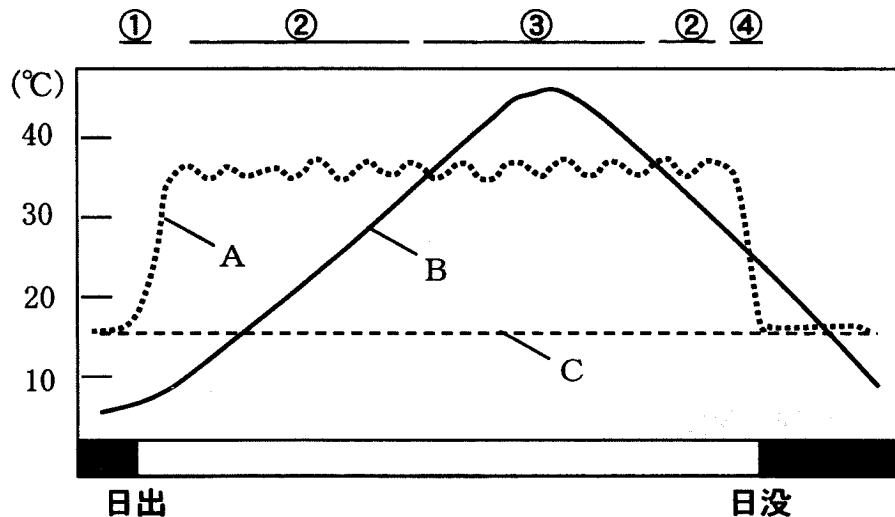


図2

問5. ヒトのからだにおいて、下線(2)にもっとも関与している器官はなにか。

問6. 次の問題文の空欄に適切な語を入れ、後の問いに答えなさい。

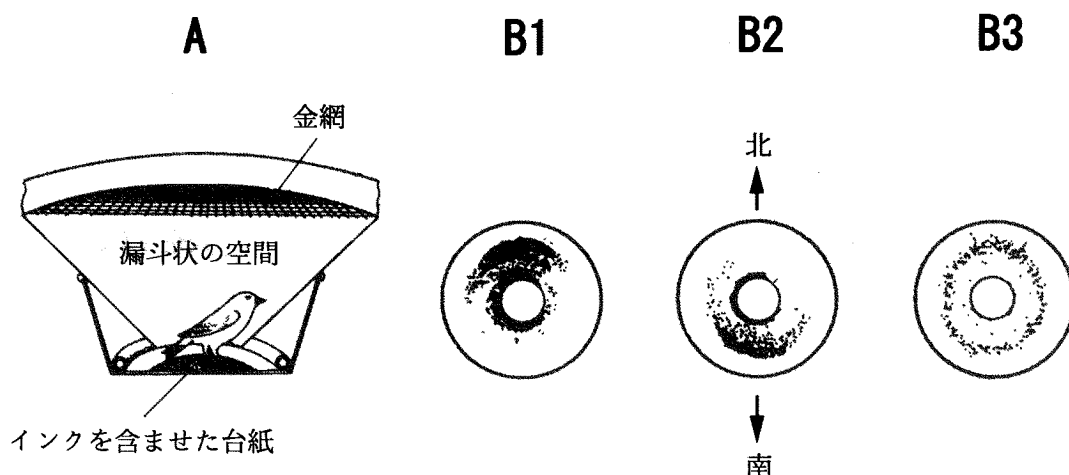
下線(3)の例として、ある特別な組織においては、[e] で起こる好気呼吸の最終段階の酵素反応を脱共役する(すなわち酵素反応させずに [f] イオンの濃度差を解消する) ことにより大量に発熱がおこる。もしブドウ糖(グルコース) 45g がこのしくみによって使われた場合、余分にどの程度の発熱があると予想されるか。下の数値の中から近いものを選びなさい。ただし、アデノシン三リン酸が加水分解される時に放出されるエネルギーを 7.3kcal/mol とする。

- 20 kcal, 40 kcal, 60 kcal, 80 kcal, 100 kcal, 120 kcal, 160 kcal, 180 kcal, 200 kcal

II 以下の文を読み、問1-6に答えなさい。

渡り鳥は季節が変わると生活に最適な場所を求め移動する。その範囲は地球全域にもおよぶ場合もあるが、彼らは正確に飛行すべき方向を見出している。このためには、渡り鳥は太陽の光や地球の磁場を利用していると言われていた。これに関連し、ある種の渡り鳥を用いて次のような行動実験がなされた。

【実験I】 春になると北へ、秋になると南へ移動する行動⁽¹⁾を示す渡り鳥を図Aに示すような装置に入れ、北半球の野外の実験地で、渡りの時期の1日の行動を観察した。行動は1日の特定の時間帯で活発になることはなく、1日の行動の集計は、春の渡りの時期では図B1、秋の渡りの時期では図B2で示すとおりであった。つぎに、この装置全体を透磁性の高い金属で完全に蔽い内部に磁気が通過しないように（磁気シールド）して同様の実験を行うと、春と秋の渡りの時期、いずれも図B3の結果を得た。（注：図の説明文もよく読むこと）



図A：実験装置 渡り鳥を1羽、木製の壁で囲まれた空間に入れる。この壁は斜めになっていて、全体として漏斗状である。上は金網で蔽われていて、光はここから入る。下にはインクを含ませた台紙があり、鳥の脚にインクが付着する。渡りの時期になると鳥の活動は活発になり、飛翔しようとして斜めの壁に飛び乗る。壁には記録紙が貼ってあり、鳥の足跡が記録される。鳥は斜めの壁にはとどまっていられないので、台紙の上に戻り、また飛翔を試みる。

図B1, B2, B3：渡り鳥の行動記録 鳥の足跡ひとつを1個の点で表したものだ。したがって、各点はこの鳥の定位の方向を、点の密度は定位の頻度を表す。たとえば、図B1では、もっぱら北へ飛翔しようとしていることを表す。図で北と示したのは、地球の磁場の北極の方向を示す。

【実験II】 実験装置は実験Iと同じであるが、春の渡りの時期に実験装置を実験室内に置き、装置の真上から一様な人工照明を与えた。照明の明るさは変えずに光の波長（色）⁽²⁾を変えたところ、渡り鳥の行動は青色と緑色の光照射では図B1で示すとおりであったが、赤色の光照射では図B3のようになった。

【実験Ⅲ】 季節と実験装置は実験Ⅱと同じであるが、緑色の光照射だけを用いた。光を完全に遮断する布を用い、渡り鳥の左右の眼球をそれぞれ蔽い行動を観察した。左眼を蔽った場合は両眼が見える場合とほとんど変わらず、図 B1 のようであった。ところが、右眼を蔽った場合は図 B3 のようになった。つぎに、左眼を蔽った渡り鳥を実験装置に入れ、これを人工的に磁場を制御できる大きな装置のなかに置いて調べた。磁場の条件は、これまでの実験の場所と同じ緯度ではあるが、南半球での緯度と同じに設定した。ここで行動を観察すると、図 B2 のようになった⁽³⁾。

- 問 1. 下線（1）のような行動の様式は、アヒルのひなが親鳥の後を追う行動と対比させた場合、一般的に何と呼ばれるか。
- 問 2. 下線（2）を受容する細胞の名称（a）とそれを含む組織（b）を答えなさい。
- 問 3. 実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲを合わせて考えると、渡り鳥は磁場を頼りとして飛翔すべき方向を決定しているが、そのためには右眼へ赤色以外の光が入ることが必要であることが分かる。なぜ左眼への光照射は無効で図 B3 のような結果になってしまうのかについては、磁気を受容する細胞が左眼にはないためだとの説明も可能であろう。では、磁気の刺激は眼以外で受容されるとしたら、どのように説明されるか答えなさい。解答には、以下に示す刺激と動物行動についての基本（3a）と2つの解剖生理学的事実（3b、3c）を参考にしなさい。
- 3a. 動物が外界の刺激に対し反応するためには、刺激を受けとる受容器が必要でそこで引き起こされた興奮が最終的には脳の特定の部位に伝えられ、それを情報処理して動物は行動する。
- 3b. 色の受容に関しては渡り鳥の左右の眼には差がない。
- 3c. 渡り鳥の右眼からでる視神経はすべて左の脳へ、左眼からでる視神経はすべて右の脳へ、それぞれ興奮を伝える。
- 問 4. なぜ下線（3）の実験を行う必要があったのか、簡潔に説明しなさい。
- 問 5. 地球磁場による磁気を受け取る受容器の存在や受容機構は最新の生物学でも確定していないが、いくつかの可能性が示されている。脊椎動物で可能性が高く、実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの結果と矛盾しないものを次のなかから2つ選び記号で答えなさい。
- (a) 光の受容細胞での光エネルギー吸収過程に地球の磁場が影響する。
- (b) 地球の磁場は光受容細胞の細胞分裂を促し、眼球全体の光受容感度を上げる。
- (c) 地球の磁場によって光が収斂し、少数の特定の光受容細胞を活動させる。
- (d) 地球の磁場は脳の神経細胞を直接活動させる。
- (e) 末梢組織に含まれる磁鉄鉱が地球の磁場によって動かされて、末梢神経を機械的に刺激する。
- (f) 地球の磁場は左右の視神経の活動を同期させ、その同期が磁場の有無を伝える。
- 問 6. これらの実験での渡り鳥のように地球規模の移動をする脊椎動物を3つ示し、その名称だけでなく、それが属する“分類の階級”も示しなさい。3つは鳥類以外の動物で、それぞれ異なる綱に属すること。解答例のように答えなさい（例：ツグミ、鳥類）。

Ⅲ 以下の文 [A]・[B] を読み、問1～6に答えなさい。問4～6については [B] だけでなく [A] も参考にしなさい。

[A] 生物の発生過程を理解する上で、体の繰り返し構造に注目することは重要である。脊椎動物の場合では、脊椎骨や肋骨に繰り返し構造を見ることができ、その良い例となっている。これらは発生過程で生じる体節を基本として作られる。

体節は、脊索や側板⁽¹⁾とともに、中胚葉に由来する組織である。鳥類の体節は、脊索の両側にある未分節中胚葉が順次にくびれ切れることで形成される(図1)。これを分節化と呼ぶ。分節化は、頭側から始まり、約90分間で1つの体節を作りながら尾側に向かって順番に進行する。先に分節化した体節ほど先行して分化が進み、体節内での発生運命が決定していく。体節内の各領域が、どのような発生運命をたどるのかは、ウズラ胚の体節の一部をニワトリ胚の同じ部位と交換移植して、移植片が将来どの器官を構成するかを観察することで詳細に調べられた。ウズラの核はニワトリのものとは形態的に容易に区別できるため、このような解析が可能である⁽²⁾。これにより体節の腹側からは脊椎骨が、背側からは骨格筋や真皮が分化することが明らかとなった。また、体節は頭側と尾側でもそれぞれ異なった性質を示すことが知られている。例えば脊髄神経節を形成する神経細胞⁽³⁾は、発生過程で各体節の頭側に集まる。

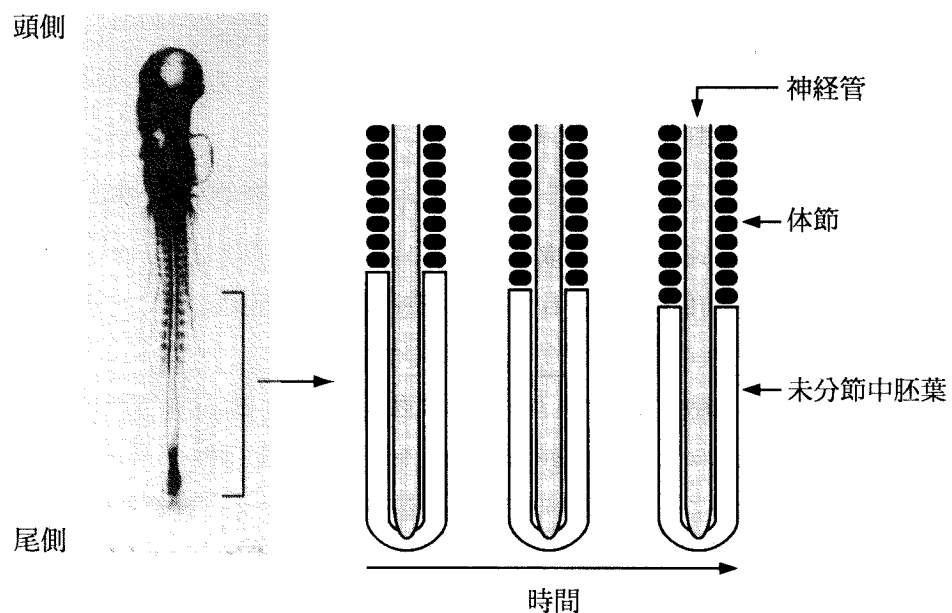


図1：ニワトリ胚における体節の形成

問1. 下線部(1)に関連して、側板から分化する代表的な組織、あるいは器官を2つ答えなさい。

問2. 下線部(2)に関連して、(a)～(d)に答えなさい。

(a) 両生類の胞胚における領域ごとの発生運命を最初に解析した人物は誰か。

(b) その人物がその解析のために用いた方法は何と呼ばれるか。

(c) その解析結果によると、脊索は初期原腸胚のどこに由来すると分かったか。

(d) (b)の方法と比較して下線部(2)の方法は、発生運命をより長期間にわたって追跡することができる点で優れている。その理由を簡潔に述べなさい。

問3. 下線部(3)に関連して、ヒトでは筋紡錘からの感覚神経は運動神経と直接にシナプスを作り、しつがい腱反射の神経経路を構成する。この経路を図示しなさい。また、以下の語群に相当する部位を同定し、それぞれ図中に示しなさい。ただし、脊髓の断面図は背側を上にして描きなさい。

語群：白質、灰白質、背根、腹根、脊髓神経節

[B] [A] の観察結果を踏まえて、体節の背腹軸と頭尾軸がどのような時期に確立するのかを明らかにするため、以下の実験 I (図 2) を行った。ウズラ胚から最も尾側の体節 3 個を一団として切り出し (図 2-a), 背腹を逆にして同じ時期のニワトリ胚の体節と交換移植し, ウズラ胚から移植した組織がどのような発生運命をたどるかを検討した (図 2-b)。その結果, 尾側の 2 体節 (図の体節 1 と 2) は脊椎骨原基を腹側に形成したが, 最も頭側に位置していた体節 (図の体節 3) からは, 脊椎骨原基を背側に形成した。次に, 同様に切り出した体節 3 個を背腹は変えずに頭尾軸を逆にして移植した場合には (図 2-c), 移植した全ての体節で尾側に脊髓神経節が形成された (図 2-d)。なお, 向きを変えずに移植した組織片は, 正常に発生することが確認された。

次に, 体節の背腹軸がどのような仕組みで決定されるのかを調べるため, 実験 II (図 3) を行った。ニワトリ胚から図 3-a の点線で示した (ア) の部分を切り出し, そこに含まれる脊索, 神経管, 未分節中胚葉を取り出した (図 3-b)。また, 図 3-a の (イ) の部分から神経管と体節を取り出した (図 3-b')。これらの組織を様々な組み合わせで, 生体内での配置になって再結合させて培養した (図 3-c, 組み合わせる組織は最大 3 個)。2 日後に筋細胞 (筋繊維), および脊椎骨原基の細胞が分化したかを調べて, 表 1 の結果を得た。ただし, 組織を組み合わせるとき, 神経管は背側だけを用いた。

問 4. 実験 I から考えて, 体節の背腹軸と頭尾軸の形成はどのような時期に確立すると考えられるか。1 つの体節が分節化するのに 90 分間かかることを考慮して答えなさい。

問 5. 鳥類胚の脊索, 神経管, 体節の位置関係は, 両生類のそれとほぼ一致している。このことと実験 II の実験 A ~ D の結果 (表 1) から考えて, 体節の腹側に脊椎骨原基が分化する理由を述べなさい。

問 6. 実験 II の実験 A ~ D の結果から, 骨格筋の分化に脊索と神経管の両方が必要であることが分かる。それぞれの働きとして次のような 2 つの仮説 (a と b) を考えた場合, 実験 II の実験 E ~ H の結果は a, b どちらの仮説を支持するか。さらに, そのように考えた理由を述べよ。

仮説 a 脊索は神経管に働き, 体節に対して骨格筋を誘導する能力を与える。

仮説 b 脊索は体節に働き, 神経管からの誘導を受ける能力を獲得させる。

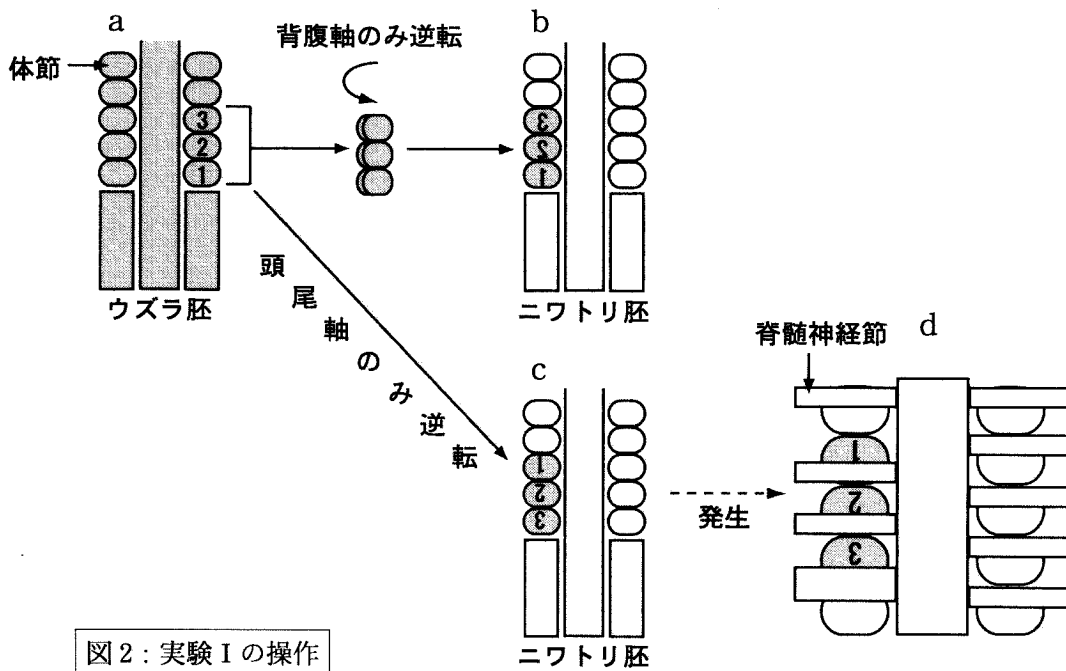


図2：実験Ⅰの操作

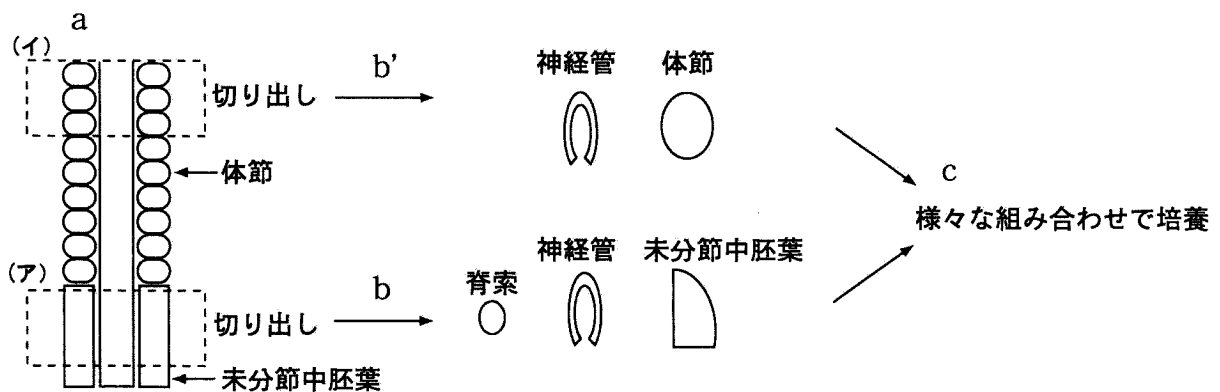


図3：実験Ⅱの操作

表1：実験Ⅱで行った組織の組み合わせと、それによる筋細胞と脊椎骨原基の分化の有無

実験		A	B	C	D	E	F	G	H
(ア)	未分節中胚葉	+	+	+	+	-	-	-	+
	神経管	-	+	-	+	-	-	+	-
	脊索	-	-	+	+	-	-	-	-
(イ)	体節	-	-	-	-	+	+	+	-
	神経管	-	-	-	-	-	+	-	+
分化	筋細胞	×	×	×	○	×	○	○	×
	脊椎骨原基の細胞	×	×	○	○	/	/	/	/

＋は加えたことを、－は加えなかったことを表す。

2日後に筋細胞や脊椎骨原基の細胞が認められれば○、認められなければ×として表す。

