

高知大学

平成 27 年度 入学試験問題(前期日程)

理 科

(生 物)

教育学部(学校教育教員養成課程)

理 学 部(理学科・応用理学科)

医 学 部(医学科)

問題冊子 問題…… I ~ IV ページ…… 1 ~ 10

解答用紙…… 6 枚(白紙を除く。)

下書用紙…… 1 枚

教育学部：試験時間は 90 分，配点は表示の 1.25 倍とする。

理 学 部：試験時間は 90 分，配点は表示の 2 倍とする。

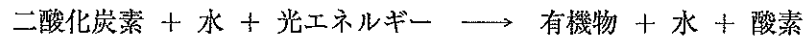
医 学 部：試験時間は 120 分(2 科目解答)，配点は表示のとおり。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで，この問題冊子を開かないこと。
2. 試験中に，問題冊子・解答用紙の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び下書用紙の不備等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせること。
3. 各解答用紙に受験番号を記入すること。
なお，解答用紙には，必要事項以外は記入しないこと。
4. 解答は，必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
5. 解答用紙の各ページは，切り離さないこと。
6. 配付された解答用紙は，持ち帰らないこと。
7. 試験終了後，問題冊子，下書用紙は持ち帰ること。
8. 試験終了後，指示があるまでは退室しないこと。

I 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。(50点)

光合成は光エネルギーを用いて無機物から有機物を合成する生物の働きであり、次のような反応式で表される。



反応式における二酸化炭素と酸素は、気孔を通じて外界との間で吸収あるいは放出される。気孔は、葉などの表皮細胞が変化してできた2個の(ア)に囲まれたすき間であり、(ア)の膨圧が高くなると気孔は(イ)。光合成や呼吸におけるガス交換のほか、水分の蒸散も気孔を通じて行われる。

図1の曲線は、ある植物の葉における、単位時間当たりの二酸化炭素の吸収量として表した見かけの光合成の速度と、光の強さとの関係を示している。光が弱いときに見かけの光合成速度がマイナスになっているのは、葉において(ウ)が行われているからである。図2は植物の種類によってこの曲線が異なることを示している。

光合成の過程は、光エネルギーを利用してATPなどを合成する反応Aと、そのATPなどを利用して無機物から有機物を合成する反応Bの2つの段階に分けられる。真核生物では、反応Aは葉緑体の(エ)で行われ、反応Bは(オ)で行われる。

反応Aでは(カ)によって光エネルギーが吸収される光捕集反応が起こり、吸収されたエネルギーにより(キ)と(ク)を活性化する。活性化された(キ)は電子伝達系に電子を渡すとともに、水を分解して(ケ)と酸素を発生し、それによって生じた電子を受け取る。電子伝達系は(ク)に電子を伝達するとともに、エネルギーを放出する。そのエネルギーを利用して(エ)に存在するATP合成酵素がATPを合成する。光によって活性化された(ク)は、電子伝達系から受け取った電子と(ケ)により、ある補酵素を酸化型から還元型に変換する。反応Bでは、二酸化炭素がC₃化合物として(コ)と呼ばれる反応に取り込まれ、反応AによりつくられたATPのエネルギーと補酵素の還元作用により有機物が合成される。

問1 文中の(ア)～(コ)に入る適切な語を次の語群から選び答えよ。

解糖系	カルビン・ベンソン回路	クエン酸回路	クリステ	光化学系I		
光化学系II	光合成色素	孔辺細胞	呼吸	酸素	助細胞	水素イオン
ストロマ	窒素	窒素同化	チラコイド膜	閉じる	二酸化炭素	開く
副細胞	水					

問 2 図 1 の①と②で示された光の強さはそれぞれ何というか答えよ。

問 3 図 2 の植物 X と植物 Y のうち、林床のような光が弱い環境での生育に適した植物はどちらか。また、そのように考えた理由を 50 字以内で説明せよ。

問 4 気孔は外部の環境条件によって開閉することが知られている。その例を 1 つあげ、どのような条件により気孔が開く(または閉じる)のか、25 字以内で説明せよ。

問 5 葉緑体は独自の DNA をもっており、このことは共生説の根拠の 1 つとなっている。では、陸上植物の場合、どのような生物が細胞内共生により葉緑体になったと考えられているか、次にあげる現生の生物の中で最も近縁なものを答えよ。

クラミドモナス	ネンジュモ	ミドリムシ	ツノモ	クロレラ
---------	-------	-------	-----	------

問 6 ミトコンドリアも独自の DNA をもち、細胞内共生により生じた細胞小器官であると考えられている。ミトコンドリアと葉緑体に共通するそのほかの特徴を 2 つあげ、それぞれ 20 字以内で説明せよ。

問 7 電子伝達系はミトコンドリアにも存在し、好気呼吸における ATP 合成に関わっている。好気呼吸の電子伝達系に関する次の説明のうち、正しいものを 1 つ選び番号で答えよ。

- (1) 好気呼吸の電子伝達系はミトコンドリアのマトリックスに存在する。
- (2) 好気呼吸の電子伝達系でも光合成と同様に水の分解が起こる。
- (3) 好気呼吸の電子伝達系でも光合成と同様に補酵素が還元型へと変換される。
- (4) 好気呼吸の電子伝達系では ATP を合成する酵素がミトコンドリア内膜に存在する。
- (5) 好気呼吸の電子伝達系で合成された ATP が物質の合成に使われることはない。

図 1

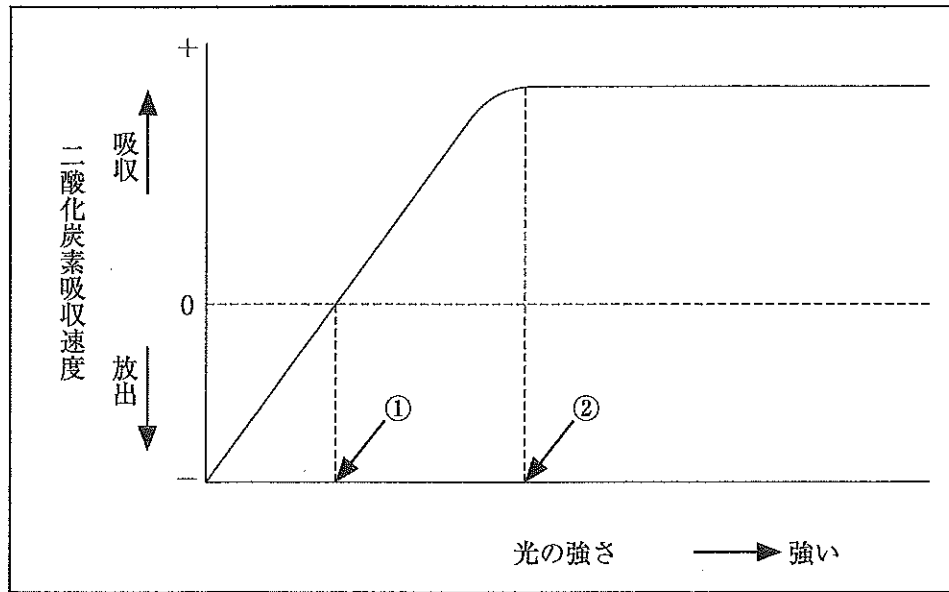
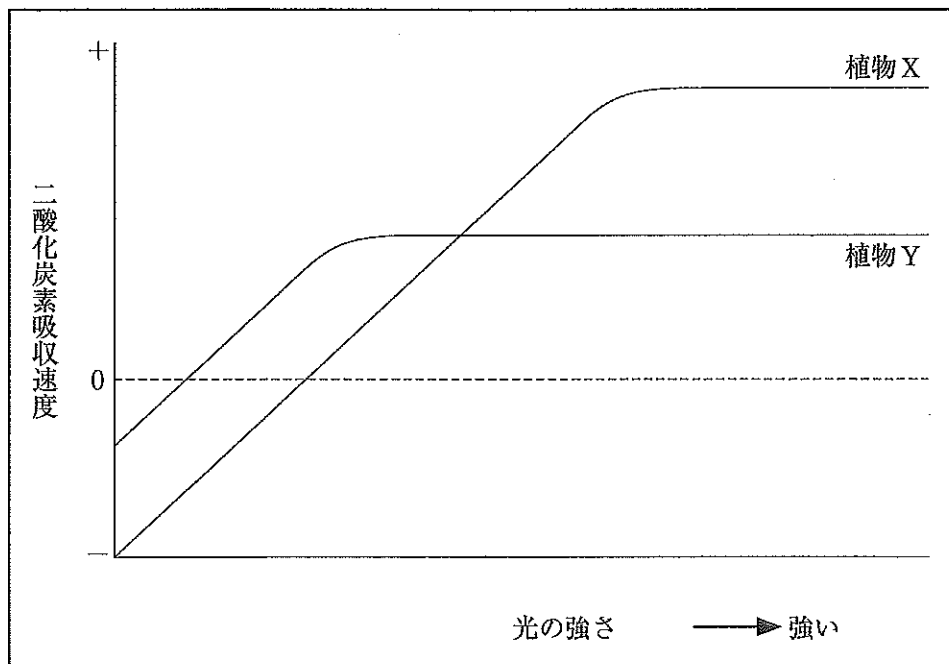


図 2



II

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。(50点)

多くの動物卵は、受精すると、ただちに卵割を開始する。(a)イモリ胚の第1卵割は、動物極と植物極を結ぶ面でおこり、胚は2細胞となる。第2卵割は、動物極と植物極を結び、なおかつ第1卵割面と直交する面でおこり、胚は4細胞となる。第3卵割は、第1卵割面と第2卵割面のいずれとも直交する面でおこり、動物極側の割球と植物極側の割球が胚に初めて出現することになる。このとき、(b)卵割面が動物極側に偏るので、動物極側の割球は植物極側の割球に比べ小さくなる。胚は、このあと胞胚期、原腸胚期、尾芽胚期を経て、左右相称の幼生に発達する。

ウニ胚の卵割も、第3卵割までイモリ胚と同様の様式で進行するが、イモリ胚と異なり、各割球の大きさはほぼ同じである。第4卵割で16細胞となり、(c)大きさの異なる3種類の割球A、B、Cが出現する。このあと、胚は胞胚期、原腸胚期、プリズム期を経て、(d)幼生に発達する。

イモリ胚とウニ胚は、どちらも実験発生学の研究に盛んに用いられてきた。イモリ2細胞期胚を、細い糸で縛るなどして割球を完全に分割すると、2匹の幼生が形成される。イモリ胚を胞胚期まで発生させ、動物極割球と植物極割球を切り取って単独で培養すると、どちらも中胚葉組織をもたない不完全な胚となる。ところが、動物極割球と植物極割球を接触させて培養すると、(e)中胚葉組織が新たに形成される。割球を接触させるとき、受精がおきた位置(精子侵入点)から最も遠い側の植物極割球を用いると、背側中胚葉が形成される割合が高くなる。

ウニ胚では、2細胞期胚の割球を分離すると、それぞれが完全な幼生となる。16細胞期の胚から植物極に最も近く位置する割球Aを取り出し、適切な培養条件で培養すると、骨片が形成される。これは正常胚での割球Aの発生運命と同じである。他方、割球Aを除かれた部分胚は、ほぼ正常に発生し、骨片形成もおきる。割球Aに加えてそれに隣接する割球Bを取り除くと、割球Cのみからなる部分胚は原腸を形成できず、胞胚期で発生を停止する。しかし、(f)割球Cからなる部分胚に割球Aを接触させた場合、割球Aの個数が増えるほど、原腸胚期まで発生する胚の割合が高くなる。割球Aと割球Bの組合せでは、このようなことはおきない。また、取り出した割球Aを別の正常胚の動物極側に移植すると、二次原腸が形成される。

問1 下線部(a)の第1卵割面を決める要因として最も適切な説明を次の(1)～(5)から1つ選び、番号で答えよ。

- (1) 受精前にあらかじめ決まっている。
- (2) ミトコンドリアの分布の偏りが卵割面を決定している。
- (3) 卵黄の分布の偏りが卵割面を決定している。
- (4) 受精核の位置が卵割面を決定している。
- (5) 中心体の位置が卵割面を決定している。

問 2 下線部(b)の現象を何と呼ぶか答えよ。

問 3 下線部(c)の割球A, B, Cの名称を答えよ。

問 4 下線部(d)の幼生の名称を答えよ。

問 5 下線部(e)の代表的な中胚葉組織を3つ答えよ。

問 6 下線部(f)の現象について、最も適切な説明を次の(1)～(4)から1つ選び、番号で答えよ。

- (1) 割球Aが多くなると、その中から中胚葉や内胚葉に分化する細胞が生じる。
- (2) 割球Bを除去しても発生は進むので、割球Bは胚発生において重要な役割を果たしていない。
- (3) 割球Aと割球Bの組み合わせで発生が進まないのは、割球Aの個数が足りないからである。
- (4) 割球Cの発生運命は、まだ決定していない。

問 7 イモリの動物極割球と植物極割球を接触させて培養するとき、新たに形成された中胚葉組織がどの割球に由来したかを確かめるための方法を1つあげ、40字以内で答えよ。

問 8 ウニ胚において、骨片はもともと割球Aに由来するにもかかわらず、割球Aを除いた胚が骨片を形成し、ほぼ正常に発生する理由を60字以内で答えよ。

問 9 本文の実験結果から読みとれる、イモリの胚発生とウニの胚発生に共通する特徴を1つあげ、60字以内で答えよ。

III 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。(50点)

ほとんどの生物学者が生物の種は永久不変なものであると考えていた19世紀初頭、はじめて科学的な生物進化を唱えたのはフランスのラマルクである。ラマルクは、よく使われる器官は発達する一方で、使われない器官は退化し、それらが子孫に伝えられることで進化が起こる、と説いた。ラマルクの進化論は(ア)と呼ばれるが、(イ)の遺伝に基礎を置くものであり、現在では否定されている。一方、イギリスのダーウィンは、ビーグル号での航海を通じて世界各地の生物を比較し、また、家畜や栽培植物の研究を行った。その結果から、生物の集団内には形質の変異が存在することを見出し、生物の生存に不利な形質は淘汰され、有利な形質が集団内に広がることで進化が起こるという(ウ)説を提唱した。1859年に「種の起源」という本で発表されたこの説は、現在の進化の考え方の基礎となっている。

同じ頃、オーストリアではメンデルがエンドウの交配実験から遺伝の法則を発見した。メンデルは一遺伝子雑種の研究から^(a)優性の法則と分離の法則を、二遺伝子雑種の研究から^(b)独立の法則を見出した。メンデルの遺伝の法則は1865年に発表されたが、当時はほとんど注目されず、1900年にド=フリースらにより再発見され、広く世に知られるようになった。

20世紀になると、生物進化に遺伝学の考え方を取り込んだ集団遺伝学が誕生した。「ハーディー・ワインベルグの法則」は集団遺伝学の基本的な概念であり、^(c)幾つかの条件を満たす生物集団内では、対立遺伝子の頻度は世代を経ても変化しないというものである。また、世代を経ても対立遺伝子の頻度が変化しないような生物集団は(エ)にあるという。しかし、そのような集団では進化は起こらないことになる。実際の自然条件下における生物集団では、(ウ)や偶然の効果によって、遺伝子頻度に変化が生じる。

生存・繁殖するうえでの有利さに差がなくても、特定の対立遺伝子が偶然により増えたり減ったりすることがあり、このような現象を(オ)という。(オ)はサイズの小さい集団でより起こりやすい。また、DNAやタンパク質など分子レベルでの進化も主に(オ)の結果である。実際、生物集団内の塩基配列やアミノ酸配列の違いを調べてみると、生存・繁殖のうえで有利でも不利でもない変異がたくさんみられる。このような分子レベルでの進化の傾向を説明した進化論は、1967年に日本の木村資生により提唱され、(カ)と呼ばれている。

問 1 文中の(ア)～(カ)に入る適切な用語を漢字で答えよ。

問 2 下線部(a)について、優性形質を示すエンドウ(F_0 とする)の遺伝子型は、表現型からはわからない。 F_0 の遺伝子型を調べるために、劣性形質の個体を交配する手法を何というか、答えよ。

問 3 下線部(b)について、2組の対立遺伝子の組合せによっては、独立の法則が成り立たないことが知られている。独立の法則が成り立たないのはどのような場合か。「2組の対立遺伝子が」に続けて、15字以内で答えよ。

問 4 ある植物の優性遺伝子 X が現す表現型を $[X]$ 、劣性の対立遺伝子 x が現す表現型を $[x]$ と示す。同様に、優性遺伝子 Y が現す表現型を $[Y]$ 、劣性遺伝子 y が現す表現型を $[y]$ 、優性遺伝子 Z が現す表現型を $[Z]$ 、劣性遺伝子 z が現す表現型を $[z]$ とする。いま、3つの表現型について $[X, y, Z]$ を示す個体に、 $[x, Y, z]$ の個体を交配したところ、子の世代(雑種第一代, F_1)は、すべての個体が3つの表現型について優性 $[X, Y, Z]$ を示した。次に F_1 どうしを交配したところ、雑種第二代(F_2)での表現型の比率は次の表のようになった。

表現型	$[X, Y, Z]$	$[X, Y, z]$	$[X, y, Z]$	$[X, y, z]$	$[x, Y, Z]$	$[x, Y, z]$	$[x, y, Z]$	$[x, y, z]$
比率	99	45	45	3	33	15	15	1

(1) 独立の法則が成り立たない対立遺伝子の組合せを次の3通りのなかから選び、答えよ。

X/x と Y/y	X/x と Z/z	Y/y と Z/z
---------------	---------------	---------------

(2) (1)で選んだ対立遺伝子の組に関して、組換え価を求めよ。なお、計算過程も示すこと。

問 5 下線部(c)について、ある生物集団でハーディー・ワインベルグの法則が成り立つための条件として、

- ・集団は、十分に多くの個体からなる。
- ・集団内のどの個体にも生存力や繁殖力に差がない。
- ・他の集団との間で、個体の移入や移出が起こらない。

があげられる。この他に満たすべき条件を2つあげ、それぞれ25字以内で答えよ。

問 6 ある生物集団における対立遺伝子 Z と z に関して、ある世代(F_0 とする)では ZZ , Zz , zz の遺伝子型をもつ個体数の比率が $ZZ : Zz : zz = 16.81 : 48.38 : 34.81$ であった。

- (1) この生物集団で、ハーディー・ワインベルグの法則が成り立っているとする。次世代(F_1)における遺伝子 z の遺伝子頻度を求めよ。なお、計算過程も示すこと。
- (2) F_1 の世代で遺伝子型 zz の個体を人為的にすべて除いたとする。その次の世代(F_2)における遺伝子 z の遺伝子頻度を求めよ。なお、計算過程も示し、答えは四捨五入して小数点第二位まで求めよ。

IV 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。(50点)

生物群集を構成するすべての生物は、共存する他の生物とさまざまな関係をもちながら個体を維持し、個体群を存続させている。このような関係を(ア)と呼ぶ。(ア)のうち、ある特定の資源を複数の種で奪い合うことを(イ)と呼び、「同じ資源を利用する複数の種が同じ場所で共存するのは難しい」という考え方を(ウ)則という。特に植物では、成長に不可欠な資源が共通することが多く、複数の種の共存は難しく感じられる。多種が共存できるのはなぜだろうか。多種共存のしくみを、種間の(ア)と生活場所の物理・化学的環境という2つの観点から考える。

まず、種間の(ア)から考える。それぞれの種が利用可能な資源や環境条件の範囲をニッチと呼ぶ。同じ資源や環境条件を利用する複数の種が混在するとき、それらのニッチの重複の度合いが十分に小さくなれば、(イ)は緩和され共存が可能となる。これをニッチの分化と呼ぶ。例えば、河川上流域に生息するヤマメとイワナでは本来、生息可能な水温の範囲が一部重複している。両者がともに生息する河川では、夏の平均水温が(A)℃程度の場所を境界域として、それらの分布が分かれている。このような現象を(エ)と呼ぶ。また、^(a)食い分けは食物に関するニッチの分化である。

次に、生活場所の物理・化学的環境から考える。生物が利用する資源や環境条件は、時空間的に変化する。尾根、斜面、谷など、山の地形が異なると、資源や環境条件に差が生じ、樹木の優占種が変わることがある。台風や火山の噴火など、規模や質の異なるさまざまな自然の(オ)は、生活場所を多様に変化させる。例えば、^(b)伊豆大島には噴出年代の異なる溶岩流があり、それぞれの溶岩流の上には異なる遷移段階の植物群落が成立している。(カ)林と呼ばれる、全体として比較的安定した状態の森林であっても、林冠に生じる(キ)により、林内の資源や環境条件が変化する。(キ)形成をきっかけとする森林の部分的な破壊と再生を通して、遷移段階の途中で出現する植物種も、(カ)種と共存できる。

輸送技術が発達するとともに、^(c)本来はその地域に生息しない外来種が野生化するようになった。^(d)外来種の野生化は、在来種の衰退や絶滅の危険をもたらすことがある。また、乱開発による生活場所の改変は、その物理・化学的環境を変質させることで、地域の生物多様性の低下を引き起こす。維管束植物を例にあげると、現在、環境省作成の(ク)に掲載されている日本の絶滅危惧種は、(B)種を超える。多種共存のしくみを理解することは、地域固有の生物多様性の保全を効果的に進める上で重要である。

問1 文中の(ア)～(ク)に入る用語を答えよ。

問 2 文中の (A) と (B) に入る最も適切な数字を次の中から1つずつ答えよ。

3	8	13	18	23
200	500	2000	5000	20000

問 3 下線部(a)の具体例を、生物名をあげて120字以内で説明せよ。

問 4 下線部(b)に関連して、溶岩流上に成立する植物群落の調査によると、火山活動後の植物群落の遷移過程は、荒原→低木林→落葉樹・照葉樹混交林→照葉樹林であると推定されている。それぞれの植物群落の代表的な植物として最も適切なものを、次の中から1つずつ答えよ。

オオシマザクラ	オオバヤシヤブシ	ガジュマル	コマクサ	
シマタヌキラン	スタジイ	ハイマツ	ブナ	ミズナラ

問 5 下線部(c)に関連して、日本で野生化している国外からの外来種を3つ答えよ。

問 6 下線部(d)の理由を2つあげ、それぞれ40字以内で説明せよ。