

平成31年度 推薦入学試験問題 (小論文)

(生命環境学群 生物学類)

(120分)

注 意

1. 問題冊子はこの表紙を含めて4枚です。解答用紙は全部で3枚です。なお、下書き用紙が2枚ついています。各自確認しなさい。
2. 問題Ⅰ～Ⅲのすべてに解答しなさい。
3. 解答は指定の解答欄に収まるように記入しなさい。
4. 解答が終わったら、解答用紙を(その1)が上になるように順に重ねた後、裏返して机の上に置きなさい。解答用紙のみ回収します。
5. 問題冊子と下書き用紙は持ち帰りなさい。

問題Ⅰ 次の文章を読み、以下の問に答えなさい。

(出典：ノーベル財団 HP; Nobel Prize in Physiology or Medicine 2013, Scientific Background “Machinery Regulating Vesicle Traffic, A Major Transport System in Our Cells” より抜粋・一部改変)

(注) eukaryotic, 真核の ; prokaryotic, 原核の ; intracellular, 細胞内の ; compartmentalized, 区画に分けられた ; organelle, 細胞小器官 ; cargo, 積荷 ; advent, 出現 ; subcellular fractionation, 細胞分画 ; assay, 分析 ; ultracentrifugation, 超遠心分離 (超高速回転により物質を分離すること) ; secretory, 分泌型の ; ribosome, リボソーム ; endoplasmic reticulum, 小胞体 ; localization, 局在 ; lingering, なかなか消えない ; neurotransmitter, 神経伝達物質 ; vesicle, 小胞 ; enigmatic, 謎めいた ; immunological, 免疫の ; deregulation, 脱制御 ; metabolic, 代謝の ; insulin, インスリン ; pancreatic, すい臓の ; mediate, 関わる ; glucose, グルコース ; transporter, 輸送体 ; translocation, 移動 ; adipose, 脂肪 ; cytokine, サイトカイン ; adaptive, 獲得した

- 問 1 最初の段落の英文をすべて日本語に訳しなさい。
- 問 2 下線部 (a) に関連して、このメカニズムが機能できない場合、免疫系に異常が生じることがある。その理由を本文の文意に沿って日本語で説明しなさい。
- 問 3 1974 年にノーベル医学生理学賞を受賞した Palade 博士が明らかにした具体的内容を本文から読み取り、日本語で説明しなさい。

問題Ⅱ 次の文章を読み、以下の問に答えなさい。

約 30 億年前、(a)酸素発生型光合成*を行う生物が地球上に現れた。この生物は、現生のシアノバクテリア（ラン藻）につながる生物であったと考えられている。酸素発生型光合成生物の出現により、地球環境は大きく変化した。光エネルギーと二酸化炭素、そして水を用いて、生態系に有機物を安定的に供給することが可能となり、多くの生物が生きていくことができるようになった。さらに酸素発生型光合成では水を電子供与体とするため、副産物として酸素が発生する。これによって地球上に酸素が蓄積していき、地球は急速に酸化的環境になっていった。酸素は極めて反応性が高い危険な物質であるが、酸素が増えることによって、(b)呼吸（酸素呼吸）という極めて効率の良いエネルギー獲得方法をもつ生物が増えていき、現在の地球環境へとつながる生態系が確立した。

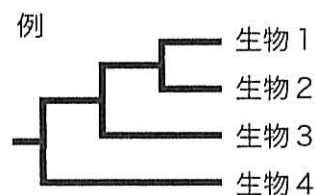
その後、この酸素発生型光合成を行う能力は、あるシアノバクテリアが細胞内共生することによって、真核生物にも広まった。その結果として葉緑体という細胞小器官が誕生した。この共生現象は一次共生とよばれ、生命の歴史上 1 回だけ起り、その子孫として紅藻や緑藻が生まれた。さらにこの葉緑体を獲得した真核生物が、別の真核生物内に細胞内共生（二次共生）し、細胞小器官へと変化することで酸素発生型光合成を行う生物はさらに多様になった。例えばミドリムシの仲間はもともと葉緑体をもっていなかったが、ある緑藻を取り込み、これを葉緑体としたことで酸素発生型光合成をする能力を獲得した。これらの例では光合成共生者が宿主の細胞小器官となっているが、地衣類や(c)造礁サンゴなど共生者の独立性が保たれた共生現象の例も多数知られている。

このようにして光合成生物は多様化してきたが、約 5 億年前、緑藻類のあるものが陸上環境へと進出した。その共通祖先から、コケ植物やシダ植物、種子植物が生まれ、陸上環境の光合成生物も多様化していった。このような光合成生物の多様化は、同じ生態系に生きる他の生物の多様化にもつながった。例えば白亜紀には昆虫やハ虫類、哺乳類などが急速に多様化したが、これは被子植物の多様化が原因となったと考えられている。一方、(d)このような動物の多様化は、被子植物の多様化の原因ともなり、さらなる生物多様性が生み出されていた。

*一般的な光合成のこと。細菌の中には水以外を電子供与体とし、酸素が発生しない光合成をするものもある（非酸素発生型光合成）。

問1 下線部 (a) および (b) に関連して、真核生物において酸素発生型光合成を行う葉緑体と呼吸を行うミトコンドリアは、細胞内共生した原核生物に起源をもつと考えられている。なぜそのような考えられるのか、その根拠となるこれら細胞小器官に共通する特徴を挙げ、それが根拠となる理由を説明しなさい。

問2 本文を参考に、シアノバクテリア、紅藻、緑藻、およびミドリムシの光合成に関わるある遺伝子の系統関係を示した系統樹を例のように作図しなさい。なお枝の長さは進化的距離を反映させなくてよい。また、なぜそのような系統樹の形になったのか、その理由を説明しなさい。



問3 下線部 (c) に関連して、造礁サンゴはサンゴ礁を形成する。サンゴ礁が広がる海は一般に植物プランクトンが少ないため透明度が高く、海藻も少ない。植物プランクトンや海藻が少ないにもかかわらず、サンゴ礁の生物量は非常に大きい。なぜサンゴ礁では大きな生物量が維持されているのか、その理由を説明しなさい。

問4 下線部 (d) に関連して、昆虫によって花粉が運ばれるある被子植物の集団内において、花の形態、色、においなどに変異が生じると、それが被子植物の種分化につながることもある。この場合、どのようにして種分化が起こるのか、その過程を説明しなさい。

問題 III 次の文章を読み、以下の問に答えなさい。

通常の大気の下では、ルビスコによる二酸化炭素 (CO_2) の固定反応がカルビン・ベンソン回路全体の反応速度を制限している。そこで、 CO_2 濃度と他の環境要因が光合成速度にあたえる複合的な影響を調べることを目的に、図 1 に示す装置を用いて以下に示す実験 1 と実験 2 を行った。なお、実験では、ある植物の葉 (100 cm^2) を同化箱に入れたのち、ポンプを使って異なる濃度の CO_2 を含む空気を流速 0.5 L/分 で一定の速さで流し、同化箱を通過していない空気 (リファレンスガス) と同化箱を通った空気の CO_2 濃度 ($\mu\text{mol CO}_2/\text{L}$) を CO_2 ガス測定器で測定し、それぞれの CO_2 濃度差から、みかけの光合成速度 (以下、光合成速度) を計算した。なお、光合成速度は、葉面積を $1 \text{ 平方メートル} (\text{m}^2)$ としたときに $1 \text{ 秒間} (\text{s})$ で固定される CO_2 のマイクロモル数 ($\mu\text{mol CO}_2$) として記す。

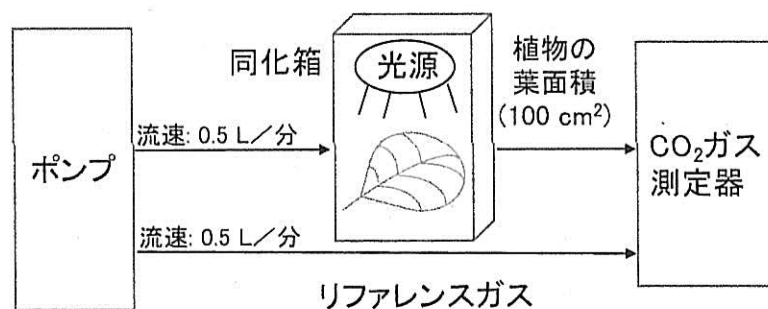


図 1

[実験 1] 光の強さと CO_2 濃度が光合成速度に与える影響を調べるために、 28°C で、50 キロルクスまたは 75 キロルクスの光をそれぞれ照射したところ、図 2 の結果を得た。なお、キロルクスとは光の強さの単位である。

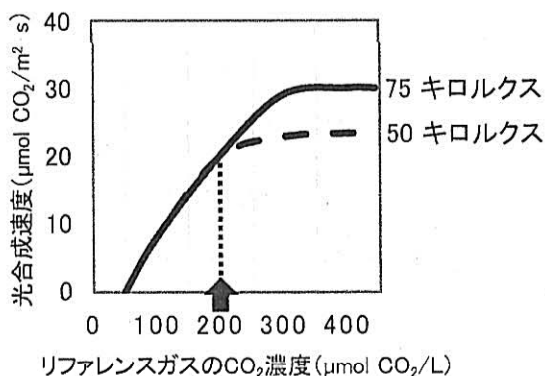


図 2

[実験 2] 温度と CO_2 濃度が光合成速度に与える影響を調べるために、 20°C 、 28°C または 40°C で 75 キロルクスの光を照射した。

問 1 [実験 1] に関して、図 2 の矢印よりも CO_2 濃度が低いときの光合成速度の限定要因は何か記しなさい。さらに、そのように考えた理由を説明しなさい。なお、限定要因とは、生物の反応速度や活動を制限する原因となっている環境要因のことである。

問 2 [実験 1] に関して、図 2 の矢印よりも CO_2 濃度が高いときに、50 キロルクスの光よりも 75 キロルクスの光の方が光合成速度が大きい理由について説明しなさい。

問 3 [実験 2] の 28°C 及び 40°C の結果を図 3 に、 20°C の結果を表 1 に示す。表 1 の結果から、リファレンスガスの CO_2 濃度が $100 \mu\text{mol CO}_2/\text{L}$ のときの光合成速度を求める計算の過程を説明しなさい。また、それぞれの CO_2 濃度での光合成速度を求め、求めた値を解答欄のグラフに描き入れなさい。なお、小数点以下の数字が出た場合は、小数点以下第 1 位の数字を四捨五入すること。

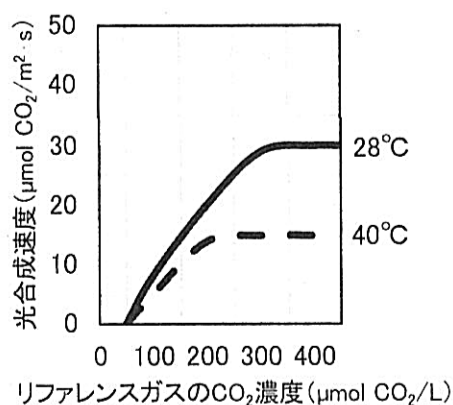


図3

表 1 CO_2 ガス測定器を通った CO_2 濃度 ($\mu\text{mol CO}_2/\text{L}$)

リファレンスガスの CO_2 濃度 ($\mu\text{mol CO}_2/\text{L}$)	100	200	300	400
同化箱から排出された空気中の CO_2 濃度 ($\mu\text{mol CO}_2/\text{L}$)	90	176	273	373