

2019年度

理 科

R 3

生 物

〔問題ページ数〕

9 ページ

〔解答用紙枚数〕

4 枚

2月25日(月)

【前期日程】

理 学 部 (数学科, 生物科学科, 地球科学科)

工 学 部 (化学バイオ工学科, 数理システム工学科)

農 学 部

地域創造学環 (選抜方法A)

13 : 00 ~ 14 : 20

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、全部の解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題は、声を出して読んではいけません。
- 7 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 8 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

1 生物の共通性と多様性に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点25%)

地球は約46億年前に誕生したとされている。生命は、海が形成されたあと、約40億年前に誕生したと考えられている。原始地球には生物の材料となる ① は含まれていなかった。ミラーは、原始地球の大気を想定した a 4種の気体からなる混合ガス中で高電圧の放電をおこない、複雑な構造の ① が合成されることを証明した。生物は ① を構成成分として誕生し、進化してきたと考えられる。すべての生物は、b 核をもたない細胞からなる ② 生物と、c 核をもつ細胞からなる ③ 生物に分けられる。

生体内では、常に物質が合成されたり分解されたりしており、それに伴うエネルギーの出入りが生じている。このような一連の化学反応を ④ とよぶ。④ のうち、外界から取り入れた単純な物質から複雑な物質を合成しエネルギーを蓄える過程を ⑤ とよぶ。また、複雑な物質を分解してエネルギーを取り出す過程を ⑥ とよぶ。⑥ のうち、代表的なものに d 呼吸がある。

問1 文章中の ① ~ ⑥ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aのうち、気体の名称を2つ答えなさい。

問3 下線部bに関連して、小問(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 図1中の矢印で示した頃から大気中の酸素濃度が急激に上昇した。これは、下線部bに分類される、ある生物が急激に繁栄したことが関わっている。この生物の名称を答えなさい。
- (2) (1)の生物の繁栄によって大気中の酸素濃度が上昇した理由について説明しなさい。

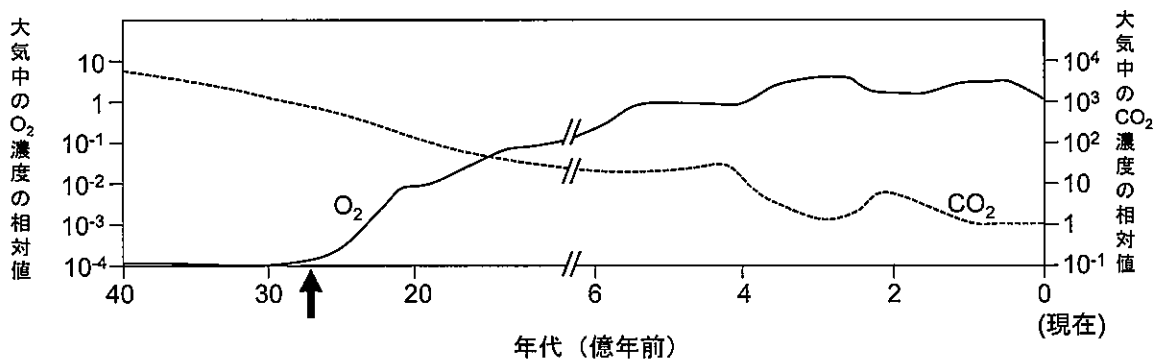


図1 大気中のO₂とCO₂の濃度変化

大気中のO₂濃度、CO₂濃度は現在の値を1とした相対値で示す。

問 4 下線部 c には植物細胞と動物細胞が含まれる。図 2 は植物細胞の断面図である。図 2 中の ⑦ ~ ⑫ に入るもっとも適切な細胞小器官などの名称を答えなさい。また、リソソームのはたらきを説明しなさい。

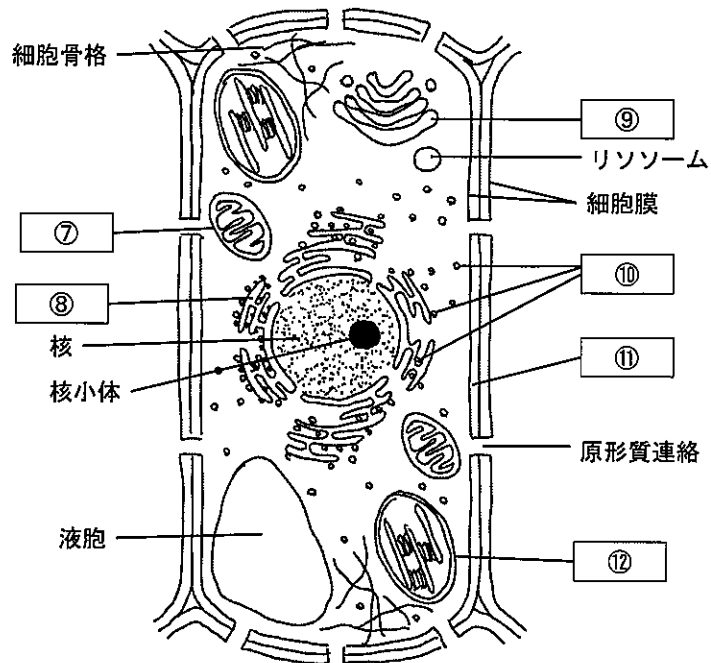


図 2 植物細胞の断面図

問 5 下線部 d について、小問 (1) ~ (3) に答えなさい。

- (1) 呼吸で生じる「エネルギーの通貨」とよばれる化学物質の名称を答えなさい。
- (2) 呼吸は、細胞内の異なる場所で起こる 3 つの反応過程から成り立っている。それぞれの反応過程の名称と、それらの反応が起こる細胞内の場所を答えなさい。
- (3) 呼吸によってグルコース 1 分子が完全に分解されるとき反応をまとめた式を答えなさい。

2 突然変異に関する次の文章Ⅰ，Ⅱを読み，問1～問6に答えなさい。(配点25%)

Ⅰ アカパンカビの野生株は最低限の栄養素を含む最少培地で生育できる。しかし，突然変異を誘発すると，最少培地に何らかの栄養素を添加した培地でのみ生育できる栄養要求株が生じることがある。ピードルとテータムは，アカパンカビの栄養要求株を用いた実験により，^a「生体内における個々の化学反応にはそれぞれ対応する酵素が関わっており，1つの遺伝子が1つの酵素の合成を支配している」という一遺伝子一酵素説を提唱した。しかし，^b「同じ塩基配列をもつ mRNA 前駆体から2種類以上の mRNA が作られ」，その結果，1つの遺伝子から2種類以上のポリペプチドが作られることがある。このように，現在では一遺伝子一酵素説にあてはまらない事例も多数報告されている。

問1 ある細菌の栄養要求株の培養実験により，下線部 a を支持する表1の結果が得られた。この結果に基づいて，図1のアスパラギン酸からはじまる代謝経路の ～ に入る化合物名を答えなさい。また，(ア)～(ウ)のそれぞれの反応に関わる酵素に突然変異が生じている栄養要求株はA～Cのうちどれか，記号で答えなさい。

表1 ある細菌の栄養要求株の培養実験の結果

		最少培地	最少培地に添加した化合物		
			トレオニン	ホモセリン	ホスホホモセリン
野生株		+	+	+	+
栄養要求株	A	-	+	-	+
	B	-	+	-	-
	C	-	+	+	+

注：+ は生育したこと，- は生育しなかったことを示す。

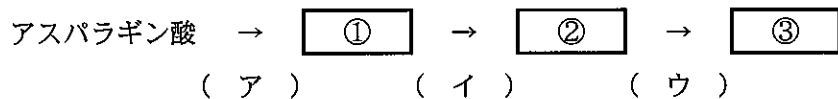


図1 ある細菌のアスパラギン酸からはじまる代謝経路の一部

問2 下線部 b のしくみを何とよぶか，答えなさい。また，それがどのようにして起こるか，説明しなさい。

問 4 正常型ホモ接合体とヘテロ接合体のそれぞれの DNA を鋳型として、正常型特異的プライマー WT と変異型特異的プライマー MT を用いてポリメラーゼ連鎖反応(PCR)をおこなった。反応後の試料(PCR 産物)をアガロースゲル電気泳動により分離した。正常型ホモ接合体とヘテロ接合体の PCR 産物の電気泳動の結果およびゲルの左側に示した電気泳動装置の+極と-極の位置の組み合わせとして適切なものを図 3 の①~⑥から選び、番号で答えなさい。

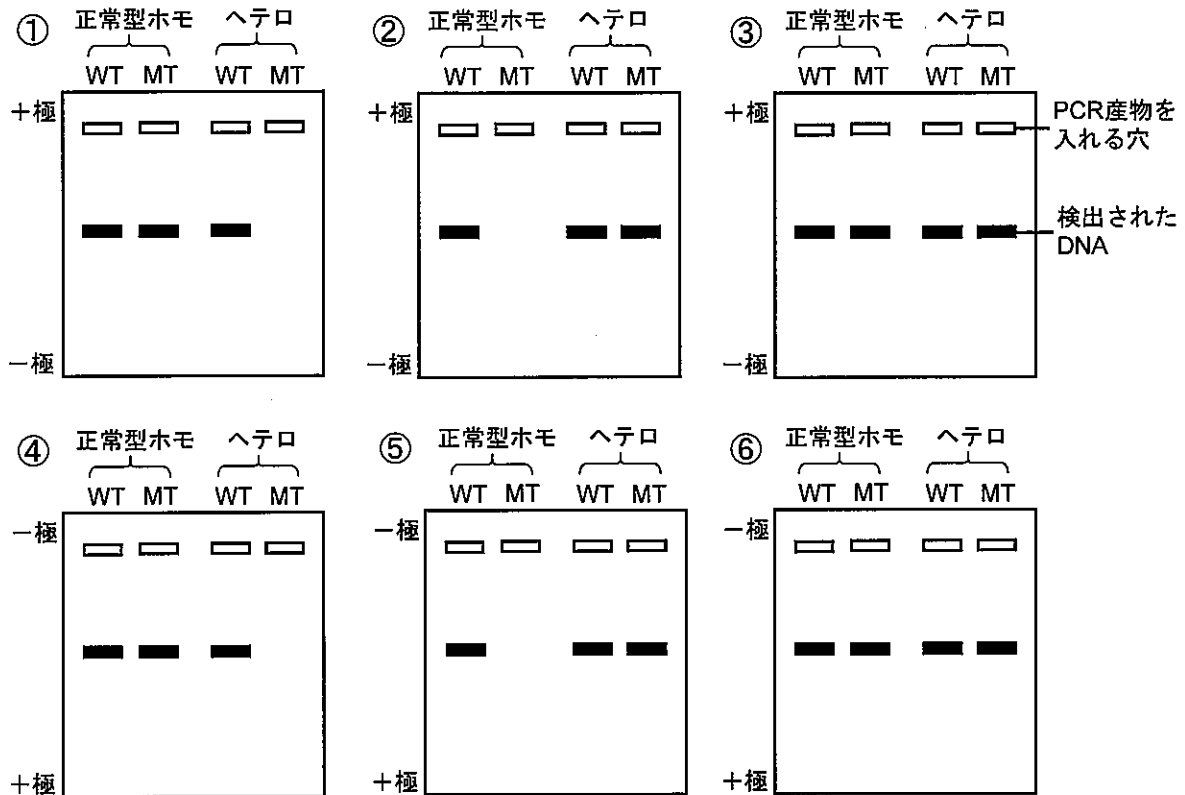


図 3 ヘモグロビン遺伝子の PCR 産物を電気泳動した結果

問 5 鎌状赤血球貧血症の原因のように、1つの塩基が他の塩基に置き換わることによってアミノ酸が置換される突然変異をミスセンス突然変異という。一方、ミスセンス突然変異と比べて、タンパク質の機能に重大な影響を及ぼす可能性が高い突然変異として、フレームシフト突然変異が知られている。フレームシフト突然変異により、塩基配列とアミノ酸配列にどのような変化が生じるか、説明しなさい。

問 6 下線部 c について、考えられる理由を答えなさい。

3

植物の反応に関する次の文章 I、II を読み、問 1～問 7 に答えなさい。(配点 25%)

I 種子植物の花芽の形成は、日長の変化に反応して起こることが多い。このように、日長の変化に反応する性質を ① とよぶ。図 1 は、異なる暗期の長さで生育させたときに植物 A と植物 B が花芽を形成した割合を示すグラフである。植物 A のように暗期が一定時間より短くなると花芽の形成が起こる植物を ② とよぶ。一方、植物 B のように暗期が一定時間よりも長くなると花芽の形成が起こる植物を ③ とよぶ。植物 A や植物 B と異なり、日長に関係なく花芽を形成する植物を ④ とよぶ。花芽の形成は日長の変化以外に、温度の影響を受けることもある。一定の低温状態を経験することによって植物の花芽の形成が促進される現象を ⑤ とよぶ。

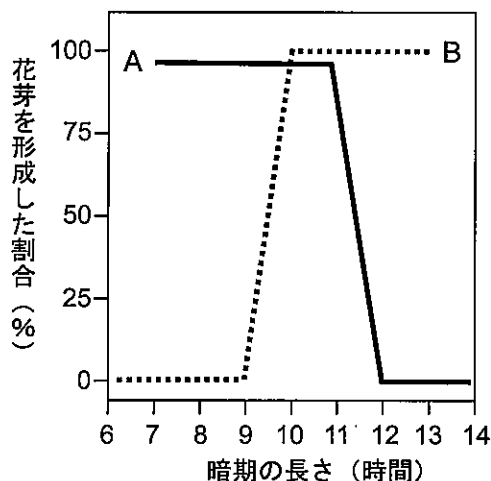


図 1 暗期の長さに対する植物 A と植物 B の花芽の形成率の変化

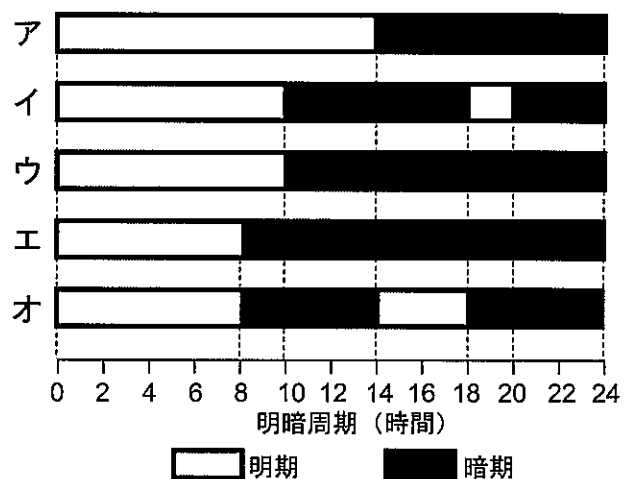


図 2 実験に用いた 5 つの明暗条件

問 1 文章中の ① ~ ⑤ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問 2 植物 A と植物 B の限界暗期はそれぞれ何時間であるか、図 1 から読みとり、整数で答えなさい。

問 3 植物 A を図 2 に示す 5 つの明暗条件で栽培した。植物 A の花芽の形成が誘導される明暗条件を、ア～オからすべて選び、記号で答えなさい。

問 4 植物 B を図 2 に示す 5 つの明暗条件で栽培した。植物 B の花芽の形成が誘導される明暗条件を、ア～オからすべて選び、記号で答えなさい。

II 光が刺激となって起こる屈性を光屈性とよぶ。マカラスムギの幼葉鞘に横から光が当たると、先端にある は光の当たらない側(陰側)に移動したあとに、下方方向に移動し、陰側の細胞の伸長を促進する。このため、光が当たる側と陰側の成長速度に差が生じ、幼葉鞘は光源に向かって屈曲する。この現象には、青色光を受容するフォトトロピンというタンパク質が関与している。

発芽に光が必要な種子を光発芽種子とよぶ。レタスの種子は光発芽種子であり、暗所では発芽しないが、明所では発芽する。レタスの種子に を与えると暗所でも発芽する。また、明所でも の存在下では発芽しない。a レタスの種子発芽の光に対する応答には、光を受容するフィトクロムというタンパク質が関与している。

問 5 ~ に入るもっとも適切な植物ホルモンの名称を答えなさい。また、それぞれの植物ホルモンが関与する現象を、以下の選択肢ア~オから1つずつ選び、記号で答えなさい。

- ア 側芽の成長抑制
- イ 昆虫の摂食による傷害応答
- ウ バナナ果実の成熟
- エ 乾燥時における気孔の閉鎖
- オ イネ馬鹿^{ほかなえ}苗病による草丈の異常伸長

問 6 レタスの種子に以下のような順で光を10分ずつ3回照射したのちに、暗所または明所で培養した。実験は、発芽に適切な温度と湿度の環境でおこなったものとする。ア~オの条件のうち、レタスの種子が発芽する条件をすべて選び、記号で答えなさい。

	1回目	2回目	3回目	培養条件
ア	660 nm 光照射	→ 730 nm 光照射	→ 660 nm 光照射	→ 暗 所
イ	730 nm 光照射	→ 660 nm 光照射	→ 730 nm 光照射	→ 明 所
ウ	730 nm 光照射	→ 730 nm 光照射	→ 660 nm 光照射	→ 明 所
エ	730 nm 光照射	→ 660 nm 光照射	→ 730 nm 光照射	→ 暗 所
オ	660 nm 光照射	→ 660 nm 光照射	→ 730 nm 光照射	→ 暗 所

問 7 下線部 a について、レタスの種子に 660 nm の光を照射後、730 nm の光を照射したときに起こるフィトクロムの構造の変化を説明しなさい。

4 生態系における物質循環に関する I, II の文章を読み, 問 1 ~ 問 7 に答えなさい。

(配点 25 %)

I 図 1 は生態系におけるエネルギーの流れを示したものである。光合成によって生産者が作り出した有機物の総量を ① とよぶ。このうち, 生産者が生命活動のエネルギーとして利用する部分を ② とよぶ。① から ② を差し引いたものを純生産量とよぶ。生産者のからだの一部は, ある期間に一次消費者に食べられたり(被食), ^a 落葉・落枝などで失われたり(枯死)する。純生産量から被食量と枯死量を差し引いた残りの部分が生産者の ③ となる。

消費者は, 他の生物を摂食して有機物を取り込むことでエネルギーを獲得している。摂食量から ④ を除いた部分を ⑤ とよぶ。⑤ から ② を差し引いたものを生産量とよぶ。

ある時点で一定の空間内に存在する生物量を現存量とよぶ。 ^b 同じ面積の森林と草原を比較すると, 現存量では森林は草原の約 10 倍であるのに対して, 純生産量では森林は草原の 2 倍程度となる。

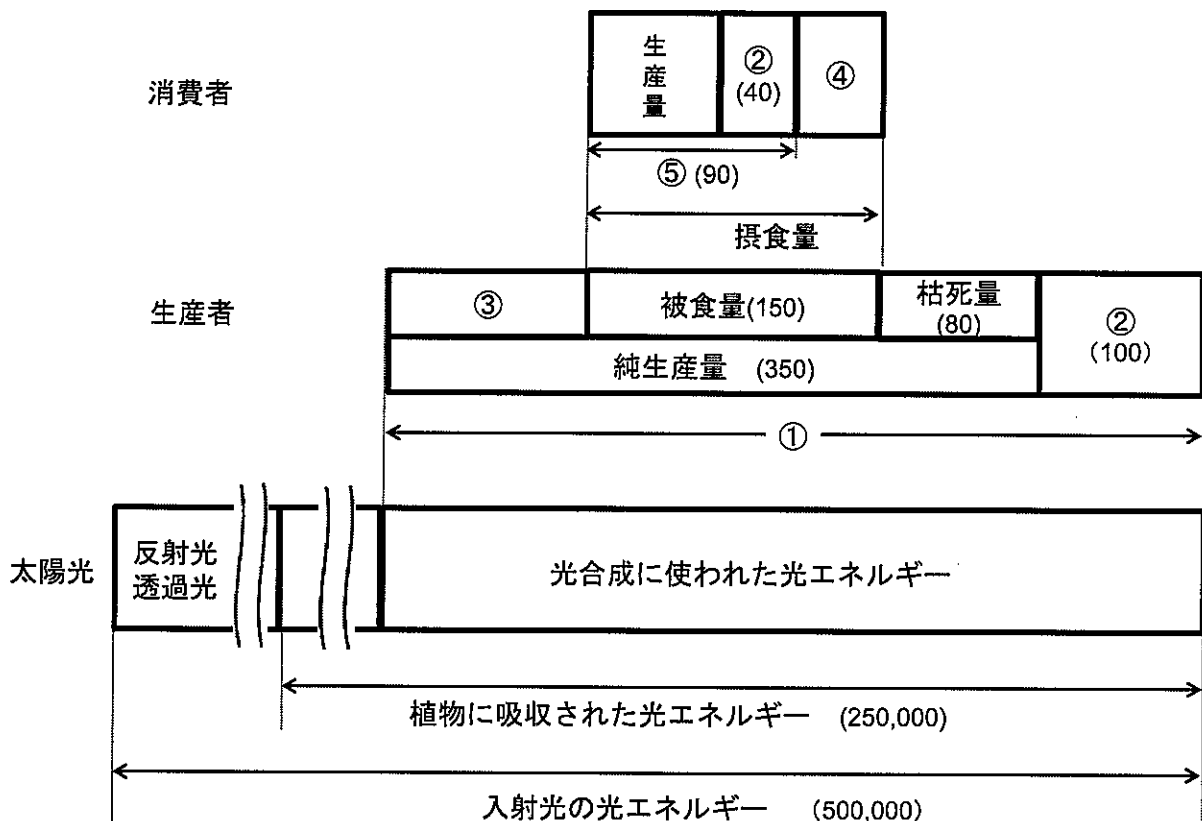


図 1 生態系におけるエネルギーの流れの例

カッコ内の数字はエネルギー量 [$\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{年})$] を示す。図中の①~⑤はそれぞれ文章中の ① ~ ⑤ に該当する。

問 1 文章中および図 1 の ① ~ ⑤ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問 2 下線部 a のような植物の枯死体は熱帯多雨林と針葉樹林のどちらのバイオームで早く消失するか、その理由とともに説明しなさい。

問 3 下線部 b で、現存量では森林は草原の約 10 倍であるのに対して、純生産量では森林は草原の 2 倍程度と比率が小さいのはなぜか、理由を説明しなさい。

問 4 図 1 の中の生産者のエネルギー効率(%)を計算式とともに答えなさい。

II 大気中の窒素はアゾトバクターやクロストリジウム、c 根粒菌等によりアンモニウムイオンとして窒素固定される。アンモニウムイオンは、d 亜硝酸菌によって亜硝酸イオンに、さらに硝酸菌によって硝酸イオンに変えられる。多くの植物は土壤中に蓄積された硝酸イオンやアンモニウムイオンを吸収して有機窒素化合物を合成している。

問 5 下線部 c はどのような場合に窒素固定をおこなうのか、説明しなさい。

問 6 下線部 d の反応を何とよぶか、もっとも適切な語を答えなさい。

問 7 下線部 e で合成された有機窒素化合物の中の窒素は、その後どのように生態系の中を移動するか、説明しなさい。