

(令 6 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～17
生 物	18～27
地 学	28～34

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

生 物

I 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

生物は、酵素のはたらきによって糖などの分子を代謝して、エネルギーを作り出す。生物がエネルギー代謝に用いる代表的な糖であるグルコースは、アな分子であるため細胞膜をほとんど透過しないが、イと呼ばれる細胞膜を貫通するタンパク質の内部を通して細胞内に取り込まれる。細胞内に取り込まれたグルコースは、解糖系と呼ばれる種々の酵素が関わる一連の代謝経路によってピルビン酸に分解され、その過程でATPと、還元型の補酵素(補助因子)であるウが生成される。ピルビン酸は、他の代謝経路ではたらく酵素によってさらに分解・変換される。

上に述べたように、生物における代謝は酵素によって成り立っている。酵素を含めたタンパク質は、アミノ酸配列すなわち一次構造に応じて α ヘリックスや β シートなどの二次構造を形成し、それらが組み合わさった三次構造を取る。場合によっては、さらに複数のポリペプチド鎖が組み合わさって四次構造を形成する。このようなタンパク質の立体構造は、酵素の機能的な特性とも密接に関連している。

問1 空欄 ア ～ ウ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。ただし、空欄 ア には、「親水的」あるいは「疎水的」のいずれかの語句を答えなさい。

問2 下線部(A)のように、複雑な分子を単純な分子に分解してエネルギーを得る代謝のことを何と呼ぶか答えなさい。

問 3 下線部(B)の α ヘリックスにおいて、ポリペプチドを構成するアミノ酸の主鎖間で形成されているペプチド結合以外の化学結合の名称を答えなさい。また、種々の化学結合を介して、酵素タンパク質が特定の立体構造を形成することによって生み出される、酵素が持つ機能的な特徴を1つ答えなさい。

問 4 解糖系は多段階の酵素反応からなり、1段階目の酵素反応は下記の反応1となる。

反応1(酵素反応)：グルコース + ATP \rightarrow リン酸化されたグルコース + ADP

下に述べる3つの事項を踏まえて、なぜ解糖系では、グルコースをリン酸化する反応を起こすことができるのかを75字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

- ・上記の酵素反応を理解するために、下記の反応2と反応3の化学反応を考える。

反応2：グルコース + リン酸 \rightarrow リン酸化されたグルコース + 水

反応3：ATP + 水 \rightarrow ADP + リン酸

- ・標準的な条件下において、反応2すなわちグルコースのリン酸化を起こすためにはエネルギーを加える必要がある。そのため、反応2は自発的にはほとんど起こらない。
- ・ここで反応3を反応2と組み合わせると、反応式の左辺と右辺から水とリン酸が相殺され、反応1となる。

問 5 体積が $2000 \mu\text{m}^3$ で、細胞質中のグルコース濃度が 1 mmol/L の細胞を考える。この細胞内のグルコースをすべて解糖系が代謝すると、何 g のピルビン酸が生成されるか、計算式とともに答えなさい。ただし、 $1 \mu\text{m}^3$ は 10^{-18} m^3 、 1 mmol は 10^{-3} mol 、 1 L は 10^{-3} m^3 であり、ピルビン酸の分子量を 88 とし、有効数字は2桁として計算すること。なお、細胞内は細胞質で一様に満たされており、細胞内外からのグルコースの追加供給はなく、細胞膜の厚みや細胞中に存在する細胞内小器官の体積は無視することとする。

Ⅱ 次の問1～4に答えなさい。(配点18点)

問1 以下の文章中の空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

遺伝子が発現する際、DNAの二重鎖の片方を として、 と相補的な塩基配列をもつRNAが合成される過程を、 という。翻訳に使われるRNAは、 内でスプライシングなどを受けてmRNAとなる。その後、mRNAは を通って の外に移動する。mRNAの連続した3つの塩基はコドンと呼ばれ、1つのアミノ酸を指定する。 は、アンチコドンと呼ばれる部位をもち、アミノ酸と結合している。翻訳の際には、 上において、mRNAのコドンと のアンチコドンが結合し、遺伝情報にもとづいたタンパク質合成が行われる。

問2 ある生物がもつ遺伝情報の1セットのことで、生物の個体形成や、生命活動の維持に必要な一通りの遺伝情報のことを何と呼ぶか、3文字で答えなさい。

問3 図1と図2の塩基配列情報と表1の遺伝暗号表を参考にして、以下の問(1)、(2)に答えなさい。

(1) 図1はある遺伝子のDNA配列とmRNA配列の一部を示している。解答欄のDNA配列中のイントロン部分を囲みなさい。

(2) 図1のイントロンの5'末端の1塩基目が突然変異によりアデニンに置換された場合、mRNAの配列は図2のようになる。図1の正常な遺伝子から発現したものと比較するとき、突然変異が生じた遺伝子から合成されたペプチドのアミノ酸配列にはどのような変化が生じると考えられるか。突然変異が翻訳に与える影響がわかるように50字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。なお、図1・図2のmRNA配列の最初のAUGを開始コドンとする。

DNA 配列 5' - ATGAAGTTGC CTATTATATT CTTAACTCTA TTAATTTTTG TTTCTTCATG
 TAAGTCTAAA TTATTTAATT AGGATAATGT GTCAGTATTA TAATCATTAT
 AAAAAGCTGTT TAAGAATTTG ATATATCTTT TAAAAAAAAA ATTTGATAGA
 TACATCAACA CTTATAAATG GTTACTGTTT TGATTGCGCA AGAGCTTGTA
 TGAGACGGGG TAAGTATATT CGTACATGTA GTTTTGAAAG AAAACTTTGT
 CGTTGCAGTA TTAGTGATAT TAAATAA -3'

mRNA 配列 5' - AUGAAGUUGC CUAUUUAUU CUUAAACUCUA UUAUUUUUUG UUUCUUCAUA
 UACAUCAACA CUUAUAAAUG GUUACUGUUU UGAUUGCGCA AGAGCUUGUA
 UGAGACGGGG UAAGUAUUAU CGUACAUGUA GUUUUGAAAG AAAACUUUGU
 CGUUGCAGUA UUAGUGAUUA UAAAUAA -3'

図 1

突然変異後の mRNA 配列 5' - AUGAAGUUGC CUAUUUAUU CUUAAACUCUA UUAUUUUUUG UUUCUUCAUA
 UAAAUACAUC AACACUUUAU AAUGGUUACU GUUUUGAUUG CGCAAGAGCU
 UGUAUGAGAC GGGGUAAGUA UAUUCGUACA UGUAGUUUUG AAAGAAAACU
 UUGUCGUUGC AGUAUUAGUG AUUUUAAAUA A -3'

図 2

表 1

		2 番目の塩基										
		U		C		A		G				
1 番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U		
		UUC		UCC			UAC		UGC		C	
		UUA	ロイシン	UCA			UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A	
		UUG		UCG			UAG			UGG	トリプトファン	G
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U		
		CUC		CCC			CAC			CGC		C
		CUA		CCA			CAA	グルタミン		CGA		A
		CUG		CCG			CAG			CGG		G
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U		
		AUC		ACC				AAC			AGC	
		AUA		ACA			AAA	リシン	AGA	アルギニン	A	
		AUG	メチオニン	ACG			AAG		AGG			G
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U		
		GUC		GCC				GAC			GGC	
		GUA		GCA			GAA	グルタミン酸		GGA		A
		GUG		GCG			GAG			GGG		G

問 4 次の文章を読んで問いに答えなさい。

Nさんは、花卉が赤い植物に対して外来の遺伝子を導入した。この外来の遺伝子は、植物の花弁の赤色の色素を作る酵素の遺伝子(遺伝子 X)の mRNA と相補的な配列をもつ小分子 RNA を発現するように設計されたものである。このトランスジェニック植物は赤色の色素を合成できなくなり、花卉の色が白色になった。赤色の色素が合成できなくなった原因を、40 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

図1のように、水槽に入れたザリガニの後方から、腹部末端の付属肢(尾扇肢)にスポイトで水を吹きかけると、ザリガニはすぐさま腹部を強く屈曲させ反転して逃げた。この水流刺激を一定の間隔で繰り返すと、逃避行動は起こらなくなった。この状態は と呼ばれ、時間経過や別の部位への刺激などで解除される。

は単純な の一種である。

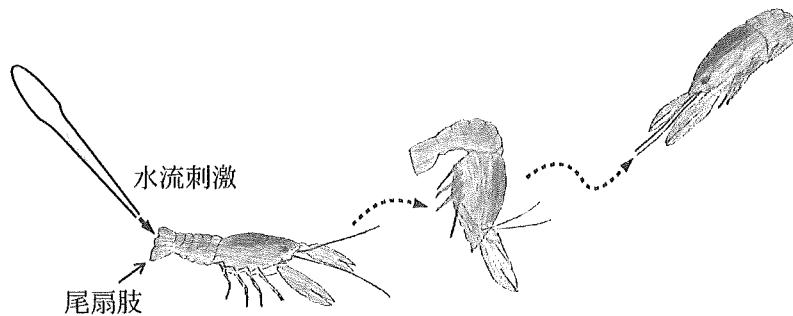


図1

ザリガニの中樞神経系には、巨大な軸索をもつ介在神経(LG)があり、このLGが興奮すると図1のような逃避行動が起こる。そこで、水流刺激の代わりに、感覚神経を直接、電気刺激したときのLGの応答を記録した。図2のように、生理塩類溶液の中でザリガニの腹部中枢神経系を露出して、LGにガラス管微小電極を刺入したところ、 -50 mV の静止電位が記録できた。

(A) LGにガラス管微小電極を刺入した状態で、刺激用電極1を使って感覚神経の軸索が通る神経束N1を電気刺激すると、図3のようにLGは脱分極した。この興奮性シナプス後電位の振幅は、刺激強度に応じて刺激①から刺激②のように大きくなり、閾値に達すると刺激③のように活動電位に変わった。また、刺激③の強度で、N1を1秒間隔で繰り返し電気刺激すると、LGは活動電位を生じなくなった。次に、刺激用電極2を使い、神経束N2を電気刺激すると、LGはN1を刺激した場合とよく似た応答を示した。

(B)

(C)

(D)

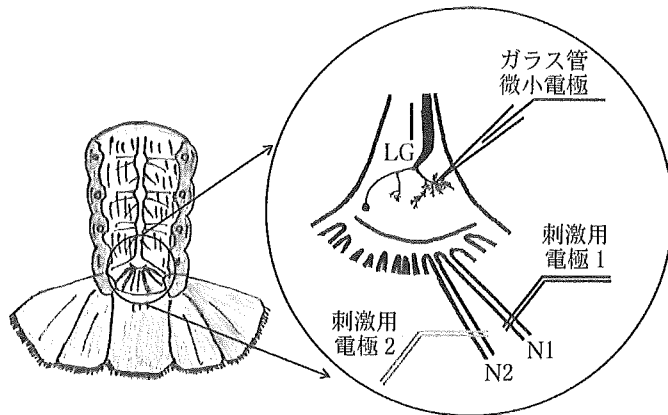


図 2

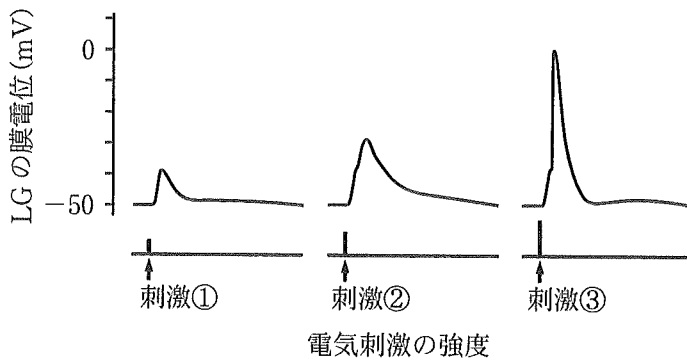


図 3

問 1 空欄 , に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(A)について、次の文章の ~ に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

静止電位は、細胞内外のイオンの濃度差で生じる。 と の移動に着目すると、主に のはたらきで が細胞外に 的に排出され、 が細胞内に取り込まれる。また細胞膜には常に開いている が存在し、一部の は を通って細胞外に漏れ出る。

問 3 下線部(B)について、まず、ザリガニの腹部を通常の生理塩類溶液の中に浸して実験を行った。閾値をわずかに下回る刺激②の強度で神経束 N1 を電気刺激すると、LG は常に一定の振幅の興奮性シナプス後電位を発生した。次に、生理塩類溶液を、通常のものから、カルシウムイオンの濃度を 10 % に減らした塩類溶液に置換することで、細胞外液のカルシウムイオン濃度が通常の 10 % に減った状態で実験を行った。この状態で、刺激②の強度で神経束 N1 を電気刺激する実験を行うと、LG で記録される興奮性シナプス後電位の振幅は小さくなった。なぜこのようなことが起こるのか、その理由を 50 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 下線部(C)の状態になると、同じ強度で電気刺激を繰り返しても LG は活動電位を発生しなかった。この現象は、刺激に対する感覚神経の応答が変化したことにより LG が活動電位を発生しなくなったと考えることで説明可能である。このように仮定した場合は、感覚神経にはどのような変化が起きたと考えられるか、40 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 5 下線部(D)に関して、神経束 N1 及び N2 を刺激する強度をそれぞれ閾値以下にして、神経束を片方ずつ電気刺激すると、それぞれに対して LG は興奮性シナプス後電位を発生する。ところが、神経束 N1 と N2 を同時に刺激すると、LG は活動電位を発生した。このように、神経束 N1 と N2 を刺激する強度はどちらも閾値以下であるにもかかわらず活動電位が発生した理由を 20 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

IV 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

生物の分布は、約40億年前の誕生以降、長期にわたって水中に限定されていた。生物の陸上進出を可能にしたのは、地球の大気組成の変化である。約27億年前以降に繁栄したとされるシアノバクテリアなどの を行う生物によって、大量に放出された酸素が大気中に蓄積したことで、オルドビス紀までには安定した の形成がみられ、生物の陸上への進出を促進したと考えられている。

オルドビス紀に、まず植物が陸上へ進出したと考えられている。シルル紀には、 を持つシダ植物が誕生した。デボン紀において 植物の多様化がみられ、裸子植物も出現している。最も遅く出現した被子植物は、白亜紀初期までには誕生していたと考えられている。被子植物の多様化やそれに伴う分布の拡大^(B)は、白亜紀に始まり、新生代に入っても続いた。被子植物は、現在では最も繁栄する生産者として陸上生態系を支えている。

一方、動物においては、デボン紀に、節足動物の陸上での多様化がみられ、昆虫はこの時期に出現した。石炭紀には、飛翔力を持った昆虫が現れている。脊椎動物においても、デボン紀末に魚類の一部から原始的な両生類が誕生し、石炭紀には両生類からハ虫類が進化した。ハ虫類は、三畳紀以降から白亜紀まで大いに繁栄し、^(C)陸上のみならず海中や空中へと多様な生息環境へ分布を広げた。三畳紀には と哺乳類が誕生したが、中生代になると、陸上では が繁栄した。小型 の一部から が進化した。白亜紀末における大型の^(D) などのハ虫類の大量絶滅後、新生代に入ると、陸上や海中、空中において哺乳類や が急速に繁栄した。

問1 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、イチョウおよびソテツの受精様式と、マツやスギなどの針葉樹類の受精様式の違いを答えなさい。

問 3 下線部(B)について、以下の問(1)、(2)に答えなさい。

(1) 被子植物のつける花は、基本的に4つの花器官から構成される。これらの花器官の形成は、3つのクラスの遺伝子(群)で調節されていることが明らかになっている。花器官の形成に関する分子機構モデルは、ABCモデルと呼ばれている。ABCモデルで説明される4つの花器官の形成のしくみを、120字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

(2) 被子植物の多様化や繁栄は、陸上動物との共生関係によって促進されたと考えられている。被子植物は、陸上動物とどのような共生関係をもったことで多様化し、繁栄したと考えられるか、60字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 下線部(C)について、中生代に繁栄した後、白亜紀末までに絶滅し、現在はみられないハ虫類の仲間を2つ答えなさい。ただし、はの仲間の1つとされることがあるため、は含まないこととする。

問 5 下線部(D)について、この大量絶滅と哺乳類の多様化がどのように関係したと考えられるか、50字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。