

令和2年度入学試験問題（前期日程）

理 科
(医学部医学科)

物 理	1 ページから	6 ページまで
化 学	7 ページから	10 ページまで
生 物	11 ページから	14 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100分である。

生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

ハーディー・ワインベルグの法則が成立する集団は、以下の条件1～5をすべて満たす必要があり、そうした集団では、集団中の遺伝子頻度は、世代を超えて変化しない。

条件1：十分に大きな集団である

条件2：複数の遺伝子(対立遺伝子, アレル)間に生存や繁殖の面で差がない

条件3：すべての個体が自由に交配(任意交配)している

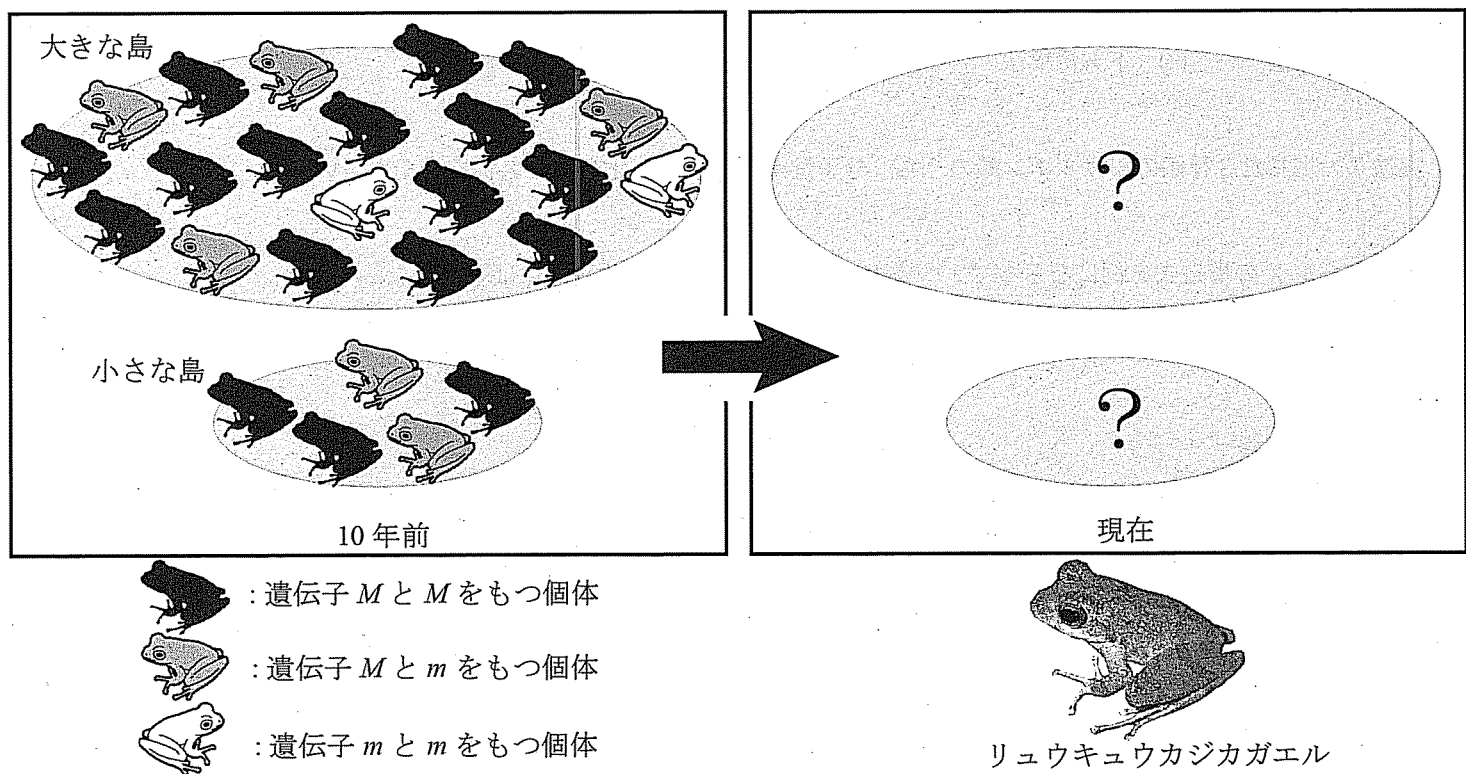
条件4：他の集団との間に個体の移出入がない

条件5：遺伝子の突然変異は生じない

しかし、実際の野外集団では、これらの条件がすべて満たされることはほとんどなく、時間の経過とともに集団の中の遺伝子頻度が変化する。例えば、野外集団は条件1を満たさないことが多い。こうした集団では、条件2～5が成立している場合でも、遺伝子頻度の変化が生じる。

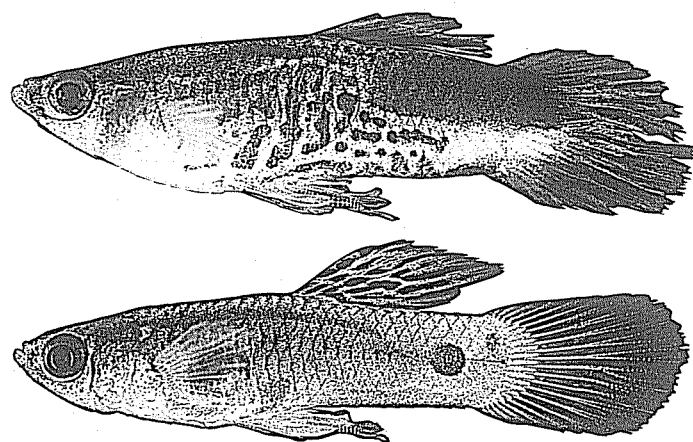
琉球太郎先生は、遺伝的浮動の影響と集団内の個体数の関係調べるため、10年前と現在のリュウキュウカジカガエルのDNAに見られる遺伝的変異を、大きさの異なる二つの島で調査した。その結果、10年前の時点では、大きな島、小さな島とも、遺伝子頻度は、遺伝子 M : 80%、遺伝子 m : 20%であった。その後の10年間、両島のカエルの個体数に大きな変動は見られなかった。しかし、最初の調査から10年後の現在では、片方の集団の遺伝子頻度のみが、10年前に比べ、大きく変化していた(図I)。

(a)



図I 二つの島におけるリュウキュウカジカガエルの遺伝的変異の調査

条件2を満たさない場合でも、遺伝子頻度は時間の経過とともに変化する。グッピーでは、色彩の派手なオスほどメスに好まれ、繁殖する機会が多くなる。また、こうした色彩の特徴は遺伝することが知られている。琉球花子先生は、熱帯の河川でグッピーの観察を行った結果、捕食者の少ない河川上流域のグッピーは派手な色彩をもつ個体の割合が高く、捕食者の多い河川下流域のグッピーは地味な色彩をもつ個体の割合が高いことに気がついた(図Ⅱ)。そこで、地点間で色彩に違いがみられる理由を実験で検証するために、グッピーを河川のいろいろな地点から採集して、それらを混ぜて飼育繁殖させた。得られた子孫を200個体ずつ、捕食者のいる池と捕食者のいない池に入れて、再度、それぞれ飼育繁殖させた。10世代目になったところで、ふたつの池のオスの色彩を調べた。その結果、捕食者を入れた池では、実験開始時に比べ、地味な色彩をもつオスの割合が高くなっていった。一方、捕食者のいない池では、実験開始時に比べ、派手な色彩をもつオスの割合が高くなっていった。



図Ⅱ 派手な色彩をもつオスのグッピー(上)と地味な色彩をもつオスのグッピー(下)

問1 ハーディー・ワインベルグの法則が成立している集団の遺伝子座に遺伝子 H と h があるとする。親世代の遺伝子 H の遺伝子頻度を p 、遺伝子 h の遺伝子頻度を q とし、 $p + q = 1$ の関係が成り立つ場合に、子の世代での遺伝子型 ($HH : Hh : hh$) の比率を答えなさい。

問2 自由に交配(任意交配)していない集団として適切なものを(ア)~(オ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 派手なメスは派手なオスを好み、地味なメスは地味なオスを好む生物の交配
- (イ) 特定の場所に集まって繁殖する生物の交配
- (ウ) 近くの個体同士での繁殖が、他の組み合わせより頻繁に起きる生物の交配
- (エ) 集団内での個体の移動が大きい生物の交配
- (オ) 繁殖期が非常に短い生物の交配

問3 下線部(a)について、集団サイズ(リュウキュウカジガエルの個体数)は、鳥の大きさに比例するとし、条件2~5が成立しているとする。この場合、10年前と現在の間で、集団の遺伝子頻度に大きな変化が生じたのはどちらの集団か、「大きな」鳥の集団または「小さな」鳥の集団どちらかで答えなさい。また、そう考える理由を50字以内で説明しなさい。

問4 下線部(b)について、河川のいろいろなところからグッピーを採集し、それらを混ぜて繁殖させた子孫を実験に用いたことには、どのような意味があるか、「自然選択」と「変異」という用語を両方使って、80字以上100字以内で説明しなさい。

問5 下線部(c)について、捕食者のいない池では、実験開始時の世代よりも、派手な色彩をもつオスの割合が高くなった理由を80字以上100字以内で説明しなさい。

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

地球環境変動の影響のひとつとして、海水温の上昇が起こっていると考えられており、近年、琉球列島のサンゴ礁で白化現象が観察されている。このように、環境の変動によって、生物は高温にさらされる機会が増えることになるだろう。多くの生物は過度の高温などの環境ストレスへの対処法を備えている。生体機能の多くは、タンパク質に依存しており、タンパク質の機能は、^(a)比較的弱い結合で維持された立体構造に依存している。そのため、高温ではタンパク質が変性しやすくなる。そのような状況において、タンパク質の立体構造形成の補助を行うシャペロンと呼ばれる一群のタンパク質が活躍する。過度の高温以外にも、^(b)アミノ酸欠乏、^(c)グルコース欠乏、^(d)ウイルス感染などでも、細胞内でストレスに対する応答が起こる。例えば、ストレス応答のひとつとして、^(e)翻訳開始の抑制が起こる。この時、ストレス応答に必要なタンパク質の合成は抑制されない。ストレス応答に関与するあるシャペロン遺伝子の転写産物(mRNA)から逆転写されたDNAのセンス鎖(非鋳型鎖)の塩基配列のうち、最初の300塩基を図Ⅲに示す。このDNAの塩基配列のTをUと考えれば、mRNAの塩基配列として読むことができる。また、遺伝暗号表(表Ⅰ)を用いれば、この塩基配列をアミノ酸配列に変換して考えることが可能となる。

表Ⅰ 遺伝暗号表

		コドンの二番目の塩基									
		U		C		A		G			
コドンの一番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン (Phe)	UCU	セリン (Ser)	UAU	チロシン (Tyr)	UGU	システイン (Cys)	U	コドンの三番目の塩基
		UUC		UCC		UAC		UGC		C	
		UUA	ロイシン (Leu)	UCA		終止コドン	UGA	終止コドン	A		
		UUG		UCG			UAG	UGG	トリプトファン (Trp)	G	
	C	CUU	ロイシン (Leu)	CCU	プロリン (Pro)	CAU	ヒスチジン (His)	CGU	アルギニン (Arg)	U	
		CUC		CCC		CAC		CGC		C	
		CUA		CCA		CAA	グルタミン (Gln)	CGA		A	
		CUG		CCG		CAG		CGG		G	
	A	AUU	イソロイシン (Ile)	ACU	トレオニン (Thr)	AAU	アスパラギン (Asn)	AGU	セリン (Ser)	U	
		AUC		ACC		AAC		AGC		C	
		AUA		ACA		AAA	リシン (リジン) (Lys)	AGA	アルギニン (Arg)	A	
		AUG	メチオニン (Met) 開始コドン	ACG		AAG		AGG		G	
	G	GUU	バリン (Val)	GCU	アラニン (Ala)	GAU	アスパラギン酸 (Asp)	GGU	グリシン (Gly)	U	
		GUC		GCC		GAC		GGC		C	
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸 (Glu)	GGA		A	
		GUG		GCG		GAG		GGG		G	

1 GACGCCGGCC AAGACAGCAC AGACAGATTG ACCTATTGGG GTGTTTCGCG AGTGTGAGAG
 61 GGAAGCGCCG CGGCCTGTAT TTCTAGACCT GCCCTTCGCC TGGTTCGTGG CGCCTTGTGA
 121 CCCCAGGGCCC CTGCCGCCTG CAAGTCGGAA ATTGCGCTGT GCTCCTGTGC TACGGCCTGT
 181 GGCTGGACTG CCTGCTGCTG CCCAACTGGC TGGCAAGATG AAGCTCTCCC TGGTGGCCGC
 241 GATGCTGCTG CTGCTCAGCG CGGC GCGGGC CGAGGAGGAG GACAAGAAGG AGGACGTGGG

図Ⅲ あるシャペロン遺伝子の転写産物(mRNA)から逆転写されたDNAのセンス鎖(非鋳型鎖)の塩基配列
 (1番目～300番目)

左端の番号は、それぞれの行の左端の塩基番号を示す。5'末端→3'末端の方向で配列が示されている。

便宜上、10塩基ごとにスペースが入れられている。(NCBI Reference Sequence: NM_005347.5)

問1 タンパク質を構成するアミノ酸のうち、体内では合成できないため、体外から取り込まなければならないものの総称を答えなさい。

問2 タンパク質を構成するアミノ酸のうち、S-S結合(ジスルフィド結合)を形成するアミノ酸の名称を、表Iから選び、答えなさい。

問3 下線部(a)について、代表的な二次構造のうち、ジグザグ状の構造の名称を答えなさい。

問4 下線部(b)～(d)によるストレスに対して下線部(e)の応答が行われた場合、この応答が細胞においてどのようなことを防止すると考えられるか、「～を防止する」という形でそれぞれ説明しなさい。

問5 図Ⅲの塩基配列について、表Iを参考にして翻訳開始位置の塩基番号を答えなさい。

問6 ストレスに対する応答として、一般的な開始コドンとは1塩基異なるロイシンを指定するコドンも開始コドンとして使用される場合がある。その開始コドンは何か、表Iを参考にして二つ答えなさい。

問7 5'末端に最も近いロイシンの開始コドンが用いられた場合、図Ⅲの塩基配列から合成される短いタンパク質(ペプチド)の配列は何か、表Iを参考にして答えなさい。アミノ酸配列には、表Iに示されているアミノ酸のアルファベット略号を用いること。

問8 ある生物がもつタンパク質の総体をプロテオームと呼ぶ。プロテオームに含まれるそれぞれのアミノ酸の割合(含有率)は、コドンの使用頻度にはほぼ比例していると考えられる。表Iから推測すると、プロテオーム中に最も少ないアミノ酸のひとつはメチオニンであるが、もうひとつ同程度の頻度のアミノ酸がある。そのアミノ酸の名称を、表Iから選び、答えなさい。また、そのアミノ酸のプロテオーム中の含有率は何%と推測されるか、小数点第三位を四捨五入して答えなさい。