

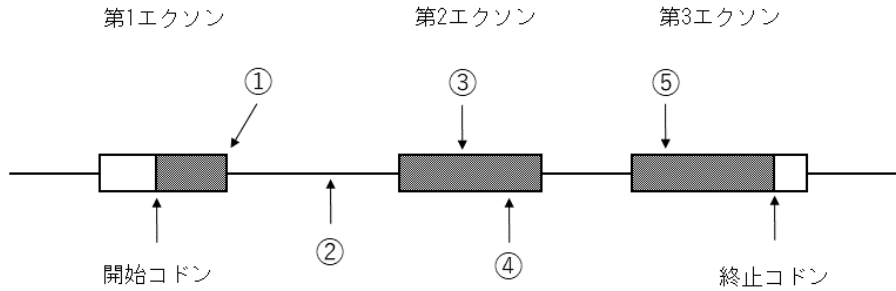
日本生物学オリンピック 2020

代替試験 一次試験問題

2020年11月1日（日）

これは冊子体版です。実際の試験は、オンライン版を使って行われました。

問 1) XY 型の性染色体をもつ哺乳類で集団調査を行った結果、X 染色体上の遺伝子に次の 5 つの突然変異が見つかった。図中の①～⑤はこれらの突然変異の位置を示している。



- ① 1 番目のエクソンとイントロンの境界域での突然変異
- ② 1 番目のイントロンで TA の反復配列が 6 回から 5 回に減少した突然変異：
TATATATATATA ⇒ TATATATATA
- ③ 2 番目のエクソンでコドン UGG がコドン UGA に置き換えられた突然変異
- ④ 2 番目のエクソンで T の繰り返しが 4 つ (TTTT) から 3 つ (TTT) へと減少した突然変異：GATTTTCT ⇒ GATTTCT
- ⑤ 3 番目のエクソンでコドン CGG がコドン AGG に置き換えられた突然変異

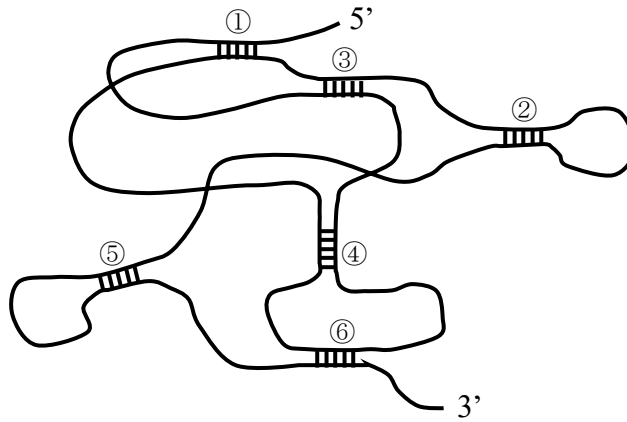
右の遺伝暗号表を参考に次の文章の () 内に入る記号と語句の組合せとしてもっとも適切なものを A～L から選べ。(9 点)

		2 番目の塩基									
		U		C		A		G			
1 番目の塩基	U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U	3 番目の塩基
		C		C		C		C		C	
		A		A		A		終止		終止	
		G		G		G		G		G	
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U	
		C		C		C		C		C	
		A		A		A		Gln		A	
		G		G		G		G		G	
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U	
		C		C		C		C		C	
		A		A		A		Lys		A	
		G		Met		G		G		G	
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U		
	C		C		C		C		C		
	A		A		A		Glu		A		
	G		G		G		G		G		

この遺伝子の転写産物を調査すると、通常より長い mRNA が (ア) をもつ個体だけに観察された。また表現型について調査すると、野生型と異なる表現型を示す個体は (イ) のいずれかをもっていた。(イ) はいずれも劣性であり、野生型と異なる表現型をもつ個体は (ウ) に多くみられた。

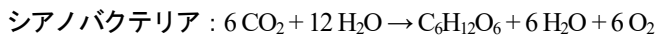
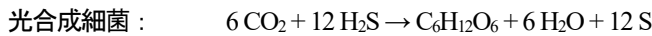
	ア	イ	ウ		ア	イ	ウ		ア	イ	ウ
A	①	①③④	雄	E	③	②④⑤	雄	I	⑤	②③④	雌
B	③	①②④	雄	F	⑤	③④⑤	雄	J	①	①④⑤	雌
C	⑤	②③④	雄	G	①	①③④	雌	K	③	②④⑤	雌
D	①	①④⑤	雄	H	③	①②④	雌	L	⑤	③④⑤	雌

問2) 図は、ある遺伝子が転写されて、DNA から合成された mRNA を模式的に示している。mRNA が合成されるときには方向性があることは知られているが、このようにしてできた mRNA は部分的に相補的な塩基対を作ることがある。図中の①～⑥は相補的な塩基対形成の可能性があるとされる箇所を示したものであるが、この中には間違いが含まれている。相補的な塩基対形成の可能性がない箇所をすべて選んでいるものを A～L から選べ。(5 点)



- A. ① B. ② C. ③ D. ④ E. ⑤ F. ⑥
 G. ①② H. ①④ I. ②⑤ J. ③④ K. ③⑥ L. ⑤⑥

問3) 光合成は複雑な過程であるが、2つの過程に分けることができる。1つは太陽エネルギーを化学エネルギーに変換する明反応であり、もう1つは明反応で作られた化学エネルギーを使って有機化合物を合成するカルビン回路である。次の反応式は、硫化水素 (H₂S) を利用する光合成細菌と水 (H₂O) を利用するシアノバクテリアについて、それらの光合成の収支を示したものである。



光合成に関する以下の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述の組合せを A～K から選べ。(8 点)

- ① 明反応は太陽光の下で進むが、カルビン回路は、多くの陸上植物では、夜間にはたらく。
 ② シアノバクテリアが合成したグルコース (C₆H₁₂O₆) の酸素原子は、水 (H₂O) に由来する。
 ③ シアノバクテリアが産生した酸素 (O₂) は、水 (H₂O) に由来する。
 ④ 陸上植物の葉緑体は硫化水素を利用する光合成細菌に由来すると考えられている。

- A. ① B. ② C. ③ D. ④ E. ①② F. ①③ G. ①④ H. ②④ I. ③④
 J. ①②④ K. ①③④

問 4) 地球上の陸上生物は、重力に抗いながら生命活動を行っている。一種の微小重力環境である水中では、細胞壁が伸びやすく、そして植物の伸長成長も促進される。この結果を受けて、「宇宙の微小重力空間において植物を生育させると、細胞壁が水中よりもさらに伸びやすく、伸長成長もより促進されるのではないか」という仮説をたてた。そこで、植物を宇宙軌道上で生育させ、植物の成長と細胞壁が宇宙の微小重力環境ではどのように変化するのかを調べた。通常重力の対照実験は地上で行った。

しかし、宇宙環境下では伸長成長が促進される、阻害される、影響がないというバラバラの結果がえられた。そこには、1) 微小重力下では乾燥種子の吸水が悪い、2) 微小重力下では植物生育容器内の温度が一定になるのに時間がかかる、3) 植物生育容器内にエチレンが蓄積する、などの宇宙空間ならではの問題点が存在していた。

そこで実験者たちは、この問題点を解決するための工夫や対策をして実験を行ったところ、地上実験の結果に基づく仮説を支持するような結果がえられた。宇宙空間で行われた工夫や対策として適切なものの組合せを A~L から選べ。

(10 点)

- ① 地上で種子の吸水を行い、この種子を冷蔵状態で宇宙に運搬して実験にもちいた。
- ② 微小重力下での種子の吸水にもちいる水の量を 2 倍にした。
- ③ 微小重力下で、種子吸水時にジベレリンを添加した。
- ④ 地上での植物生育容器内の温度の経時変化を、微小重力下と同等にした。
- ⑤ 地上および微小重力下での植物生育容器内の温度を、一定にする時間を短縮するため 10°C 程度低く設定した。
- ⑥ エチレン抵抗性の植物をもちいた。
- ⑦ エチレン吸収剤を植物生育容器内に設置した。

- A. ①④⑥ B. ①④⑦ C. ①⑤⑥ D. ①⑤⑦ E. ②④⑥ F. ②④⑦ G. ②⑤⑥ H. ②⑤⑦
I. ③④⑥ J. ③④⑦ K. ③⑤⑥ L. ③⑤⑦

問 5) ある動物の運動神経とそれがつながる骨格筋を摘出し、神経筋標本を作った。次に、その標本の神経を電気刺激して、筋肉の収縮をミオグラフ(筋運動記録器)で記録した。神経筋接合部から 2.5 cm および 12.5 cm 離れた部位で刺激したところ、それぞれ 7.0 ミリ秒後および 11.0 ミリ秒後に筋収縮が始まった。神経筋接合部での伝達時間を推定するため、次に直接筋肉を電気刺激してみたところ、2.5 ミリ秒後に収縮が生じた。神経筋接合部での伝達時間として推定される値を A~L から選べ。(7 点)

- A. 0.5 ミリ秒 B. 1.0 ミリ秒 C. 1.5 ミリ秒 D. 2.0 ミリ秒 E. 2.5 ミリ秒 F. 3.0 ミリ秒
G. 3.5 ミリ秒 H. 4.0 ミリ秒 I. 4.5 ミリ秒 J. 5.0 ミリ秒 K. 5.5 ミリ秒 L. 6.0 ミリ秒

問6) 腎臓における尿生成は、(1)糸球体ろ過による原尿生成、(2)尿細管における再吸収、および(3)尿細管における分泌の3つのプロセスからなる。今、健康な成人 X さんに対してイヌリンおよびパラアミノ馬尿酸 (PAH) を持続的に静脈に注入し、血しょう中の両物質の濃度が一定になったときに、血しょう中および尿中の両者の濃度を調べた。下表はその結果である。なお、尿量は1分あたり1.0 mLであった。

成分	血しょう中の濃度 (mg/100 mL)	尿中の濃度 (mg/100 mL)
イヌリン	25	3000
パラアミノ馬尿酸 (PAH)	2	1080

イヌリンは糸球体でろ過され、再吸収・分泌されない分子である。一方、PAHは糸球体でもろ過されるが、おもに尿細管で積極的に分泌され、再吸収されない物質である。また、PAHは、その濃度が低いときには、血液が腎臓を通過するとき血しょう中の90%が尿中に排泄される。

表のデータに基づいて1分あたりの原尿生成量 (mL) および腎流入血しょう量 (mL) を求め、それらの量の組合せをA~Lから選べ。ただし、イヌリンとPAHはともに体内で代謝されず、血しょう中の濃度は腎動脈の濃度と等しいとする。(11点)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
原尿生成量 (mL)	7.5	7.5	7.5	30	30	30	120	120	120	540	540	540
腎流入血しょう量 (mL)	120	540	600	120	540	600	120	540	600	120	540	600

問7) 飛翔中のコウモリは、自身の鳴き声がターゲットに反射して生じるエコーを聴覚でとらえて、飛んでいる昆虫を捕捉したり、あるいは障害物を避けたりする。エコーロケーションというこの手法には、指向性のよい超音波がもちいられる。エコーロケーション中のコウモリは、パルス状に非常に大きな超音波の音声を発する。発声の瞬間には耳の感度を下げるが、当然この音声は自身の耳にもはいつてくる。ターゲットで反射したエコーは、ごく短い間隔をおいて耳に入る。いずれの音も内耳のうずまき細管に沿って並ぶ有毛細胞によって受容され、それぞれに特有の聴覚信号を生じる。

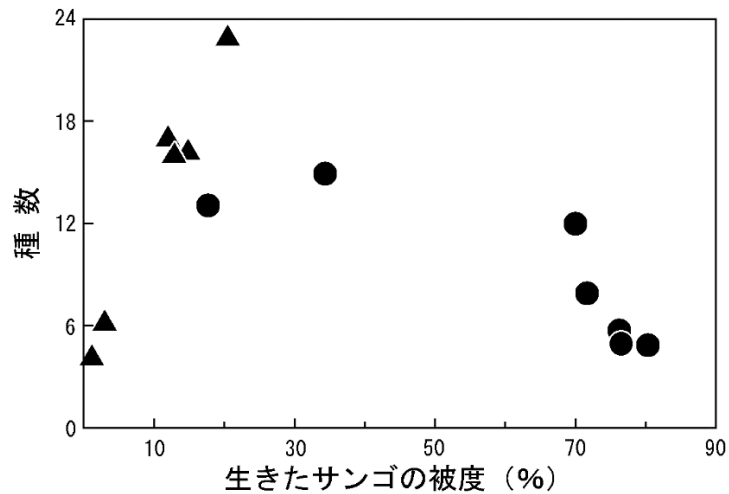
次の文章は、コウモリがどのようにターゲットの情報をえているかについて述べたものである。() 内に入る語句の組合せをA~Lから選べ。(7点)

コウモリは、自身の鳴き声による聴覚信号“パルス”の発生からエコーによる聴覚信号“エコー”の発生までの遅れの長さから(ア)についての情報をえている。また、“パルス”と“エコー”の受容されるうずまき管での位置のずれの大きさから(イ)についての情報をえている。

- ① ターゲットの大きさ
- ② ターゲットまでの距離
- ③ ターゲットの相対速度
- ④ ターゲットへの方向

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ア	①	①	①	②	②	②	③	③	③	④	④	④
イ	②	③	④	①	③	④	①	②	④	①	②	③

問8) 環境の攪乱は生物群集にさまざまな影響を与える。あるサンゴ礁の外側斜面で、サンゴの生息状況を調査した。図は、各調査地における、生きたサンゴが海底を占める割合（被度）とサンゴの種数の関係を示したものである。



▲は北側斜面の調査地、●は南側斜面の調査地

このサンゴ礁は台風の被害を受ける強さが場所によって異なり、その違いが生きたサンゴの被度に影響を与えている。次の記述はこのグラフについて述べたものである。正しい記述の組合せをA~Hから選べ。(8点)

- ① 北側斜面の方が、台風の被害を強く受ける。
- ② 南側斜面の方が、台風の被害を強く受ける。
- ③ 北側斜面の方が、サンゴどうしの競争がはげしいと考えられる。
- ④ 南側斜面の方が、サンゴどうしの競争がはげしいと考えられる。
- ⑤ 環境の破壊に強い種だけが生き残っている場所が多いのは、北側斜面である。
- ⑥ 環境の破壊に強い種だけが生き残っている場所が多いのは、南側斜面である。

A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①④⑤ D. ①④⑥ E. ②③⑤ F. ②③⑥ G. ②④⑤ H. ②④⑥

問 9) ウスバカゲロウの幼虫であるアリジゴクは、すり鉢状の巣穴を作り、滑り落ちてきたアリなどの小昆虫を捕獲する。アリジゴクが作る巣穴の場所に好みがあるのかどうかを知るために、次のような実験を行った。

実験

(1) 横 10.6 cm, 縦 8.3 cm, 高さ 3.4 cm の箱に右図のように 2 種類の砂を 2 cm の深さに敷きつめた。図はこの箱を真上から見たものである。細砂は粒径が 0.4 mm ほどの細かい砂であり、粗砂は粒径が 1.2 mm ほどの粗い（あらい）砂である。細砂と粗砂の間に仕切りはなく、アリジゴクは自由に行き来できる。



(2) この箱にアリジゴクを入れ、作られた巣穴の位置を観察した。

下表はこの結果である。箱にアリジゴクを 1 個体入れた場合、90%以上の巣穴は細砂側に作られていた。箱に入れる個体数を増やしていくと、粗砂側にもかなりの個数の巣穴がみられるようになった。

箱に入れた個体数	1	2	3	4	5	6	7
細砂側の巣穴の平均個数	0.906	1.406	1.812	2.232	2.785	3.228	3.899
粗砂側の巣穴の平均個数	0.094	0.594	1.188	1.768	2.215	2.772	3.101
細砂側の巣穴の割合	90.6%	70.3%	60.4%	55.8%	55.7%	54.7%	55.6%

アリジゴクの巣穴に関する次の記述の中で実験結果から推測できるものはどれか。推測できる記述の組合せを A~L から選べ。(10 点)

- ① 巣穴の場所として細砂を好む。
- ② 巣穴の場所として粗砂を好む。
- ③ 巣穴として理想的な場所に他個体の巣穴があった場合、他の場所に巣穴を作る。
- ④ 巣穴として理想的な場所に他個体の巣穴があった場合、巣穴を作るのをやめる。
- ⑤ 個体密度が高くなると、巣穴の位置は集中分布に近づく。
- ⑥ 個体密度が高くなると、巣穴の位置は一様分布に近づく。
- ⑦ 個体密度が高くなると、巣穴の位置はランダム分布に近づく。

- A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①③⑦ D. ①④⑤ E. ①④⑥ F. ①④⑦
 G. ②③⑤ H. ②③⑥ I. ②③⑦ J. ②④⑤ K. ②④⑥ L. ②④⑦

問 10) アサガオはふつう自家受粉によって種子が作られる。劣性の対立遺伝子によって生じる形質の中には不稔性を伴うものがあり、そのような変異体を継代するのは難しい。ある1つの株から種子を集めて蒔いたところ、次世代には野生型と不稔性の変異体が3:1に分離したとする。この変異体を継代するためには、変異体のきょうだいにあたる野生型の株から種子を集めざるをえない。それらの株の中には、その次の世代で変異体が生じるものと生じないものが混ざっているはずであるが、どの株がどちらのタイプであるか、前もって予測することはできない。そこで、複数の株から種子を集めて、これらを蒔く。変異体が生じる確率をA~Lから選べ。(9点)

- A. 3/4 B. 2/3 C. 1/2 D. 1/3 E. 1/4 F. 1/6 G. 1/8 H. 1/9
 I. 1/10 J. 1/12 K. 1/15 L. 1/16

問 11) ABO 式血液型について、ある集団での A 型の頻度は 48%、B 型の頻度は 20%、AB 型の頻度は 16%、O 型の頻度は 16%である。この集団に属している二人が結婚し、子供を産んだ。遺伝子型の頻度はハーディ・ワインベルク平衡にあり、結婚した二人はこの集団からランダムに選ばれたものであると仮定して、以下の文章の () 内に入る数値の組合せを A ~L から選べ。(11 点)

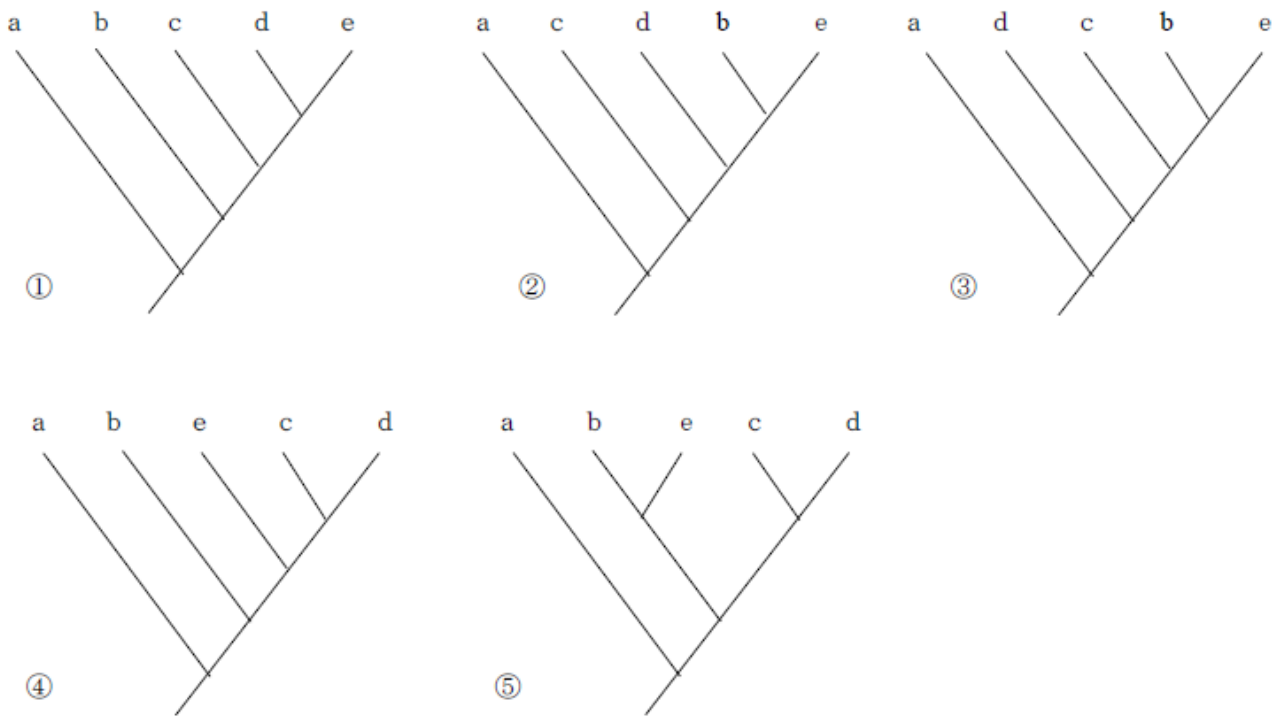
この集団での A 遺伝子の頻度は (ア) %であり、B 遺伝子の頻度は (イ) %である。結婚した二人について、母親が A 型であり、父親が B 型であったとき、子供が AB 型である確率は (ウ) %である。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ア	36	36	36	36	36	36	40	40	40	40	40	40
イ	24	24	24	24	24	24	20	20	20	20	20	20
ウ	16	25	約 33	40	50	100	16	25	約 33	40	50	100

問 12) 生物の系統関係を推定する方法の1つに、いくつかの形質の変化を調べ、形質の変化数が最少の系統樹を探す方法（最節約法）がある。生物b～eの系統を考えるため、形質ア～オの有無を調べた。生物b～eにもっとも近縁と考えられる生物a（生物b～eの外群とよばれる）の形質を加えると下表のようになった。

生物 形質	a	b	c	d	e
ア	-	-	-	-	+
イ	-	-	-	-	+
ウ	-	-	+	-	-
エ	-	-	+	+	+
オ	-	+	+	+	+

表中の+は形質があることを示し、-は形質が存在しないことを示す。いくつかの系統樹が考えられるが、そのうちの5つを下に示した。



この中で、最節約法により推定される系統樹（もっとも少ない形質変化で説明できる系統樹）はどれか。その組合せをA～Jから選べ。（5点）

- A. ①② B. ①③ C. ①④ D. ①⑤ E. ②③ F. ②④ G. ②⑤
H. ③④ I. ③⑤ J. ④⑤