

日本生物学オリンピック 2019

予選問題

2019 年 7 月 14 日（日） 13:30～15:00

試験時間 90 分間

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 問題は、この冊子の1ページから16ページまでです。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、予選解答用紙（マークシート用紙）の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 予選解答用紙の所定の欄に、学校名、学年、氏名と受験番号を記入し、受験番号は、数字にもマークしてください。
- 5 問題数は、問 1)～問 23)までの 23 問です。問題はすべて、それぞれもっとも適切な解答を選択肢の中から 1 つだけ選び、記号で答えてください。
- 6 配点は、1問あたり4～5点で、各設問の末尾に示してあります。合計で100点満点です。正解でない解答の中には、部分点が与えられるものがあります。
- 7 解答は、予選解答用紙の問題番号に対応した解答欄の選択肢にマークしてください。たとえば、問 1) の問題に対して A と解答する場合は、次の（例）のように問 1) に対応した解答欄の A にマークしてください。複数の選択肢にマークされている場合は 0 点となります。

（例）

問	解 答 欄
1	☒ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J
2	☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J
3	☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J

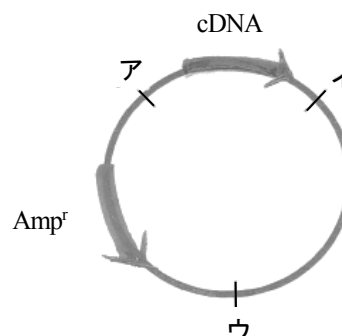
- 8 この問題冊子の余白等は適宜利用してもかまいませんが、どのページも切り離してはいけません。
- 9 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。
- 10 正解と解説は、JBO ウェブページ <http://www.jbo-info.jp/> で公開します。

国際生物学オリンピック日本委員会



問 1) ヒトのあるタンパク質をコードする cDNA をプラスミドに組み込み、これを大腸菌体内で発現させたい。この遺伝子を発現させるためには、どのような操作を行えばよいか。適切な操作を A～F から選べ。なお、図中の Amp^r は薬剤耐性遺伝子の 1 つであるアンピシリン耐性遺伝子を示す。(4 点)

- A. アにヒトのエンハンサーを入れる。
- B. アに大腸菌のプロモーターを入れる。
- C. イにヒトのエンハンサーを入れる。
- D. イにヒトのプロモーターを入れる。
- E. イに大腸菌のリプレッサーを入れる。
- F. ウにヒトの複製開始点を入れる。



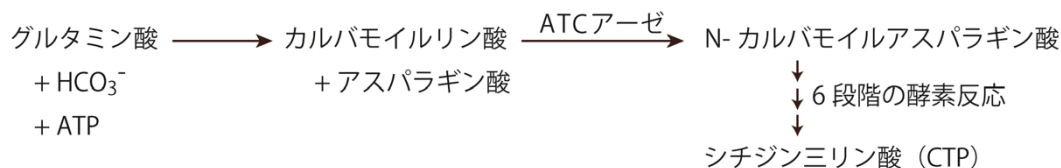
問 2) 糠（ぬか）漬けは、日本の伝統的な発酵食品である。米糠に食塩水を混合した糠床に、野菜を 1 日程度漬けておくと、野菜はしんなりして、酸味、塩味、旨味が加わったおいしい漬物となる。酸味は、糠床に生息する乳酸菌による。糠床には毎日の手入れが必要で、その基本は、糠床全体をかき回して糠床の上部と底部を入れ替える天地返しである。

微生物は、おもに酸素の必要性にしたがって、糠漬け中に分布する。酸素を必要としない嫌気性微生物の多くは、酸素の存在下ではほとんど活動できない。糠床の手入れの目的は、特定の微生物の異常増殖を避けることである。糠漬け中の微生物として乳酸菌（*Lactobacillus* 属）、産膜酵母（*Pichia* 属）、酪酸菌（*Clostridium* 属）などがある。糠漬けの手入れを怠っていると、産膜酵母のため表面に白い膜がべったり張るのが観察される。このような漬物は、酸味が非常に強く、シンナーのような臭いと履き古した靴下のような酪酸臭を発するようになるので、食品として適さない。

以上の記述より、乳酸菌、産膜酵母、酪酸菌は酸素を必要とする好気性菌か、酸素を必要としない嫌気性菌か判定し、正しい組合せを A～H から選べ。(4 点)

	A	B	C	D	E	F	G	H
乳酸菌	好気性	好気性	好気性	好気性	嫌気性	嫌気性	嫌気性	嫌気性
産膜酵母	好気性	好気性	嫌気性	嫌気性	好気性	好気性	嫌気性	嫌気性
酪酸菌	好気性	嫌気性	好気性	嫌気性	好気性	嫌気性	好気性	嫌気性

問3) アスパラギン酸トランスカルバモイラーゼ (ATCアーゼ) は、カルバモイルリン酸とアスパラギン酸から N-カルバモイルアスパラギン酸を生じる酵素である。



N-カルバモイルアスパラギン酸は、その後 6 段階の酵素反応を経て、シチジン三リン酸 (CTP) になる。一方、基質であるカルバモイルリン酸は、グルタミン酸と HCO_3^- 、および ATP から別の酵素により合成される。なお CTP と ATP はいずれもヌクレオチドの一種であり、DNA や RNA の合成材料として生体内で重要な役割を果たしている。図1は、ATCアーゼの基質 (アスパラギン酸) 濃度と反応速度の関係を調べた結果である。

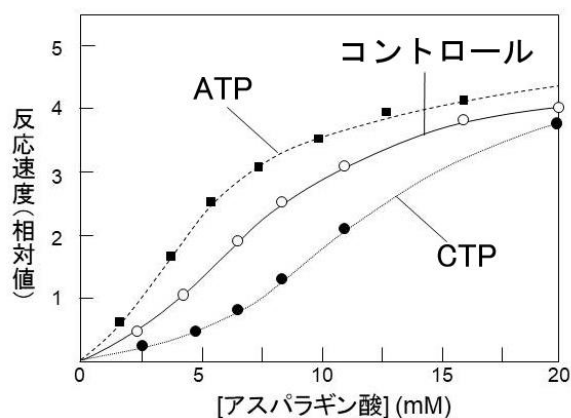


図1：アスパラギン酸濃度と ATC アーゼの反応速度の関係

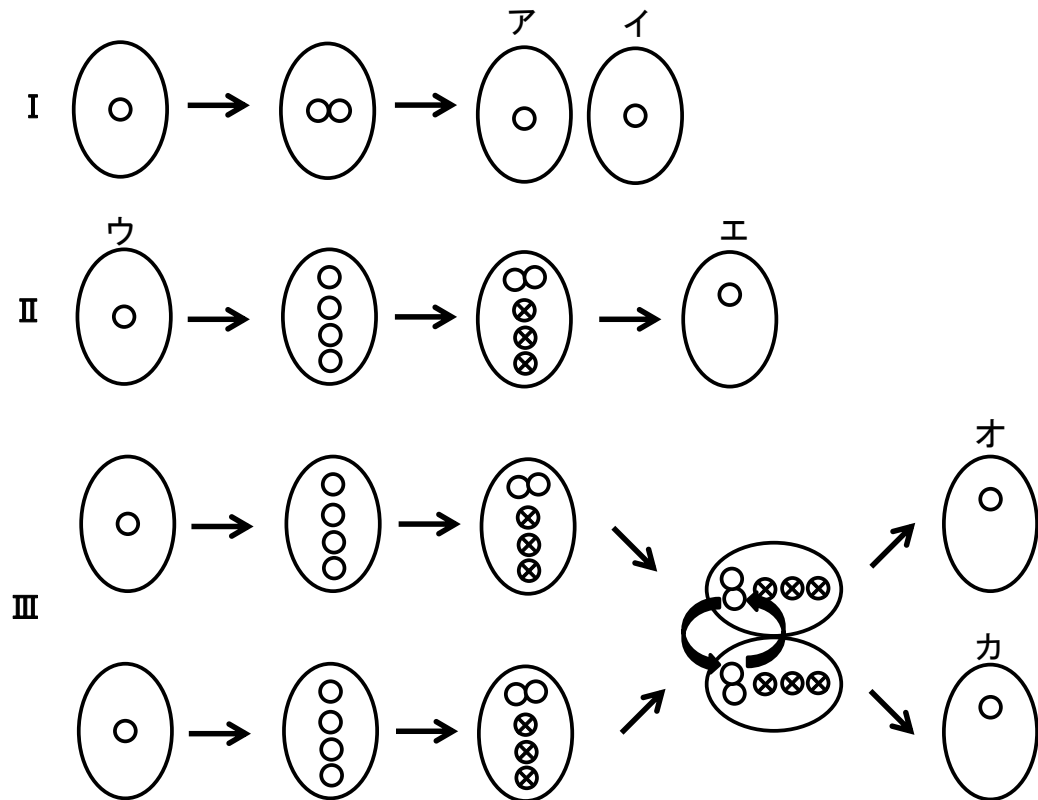
コントロール (○)：基質と酵素のみ，ATP (■)：コントロール+ATP 2 mM，CTP (●)：コントロール+CTP 0.4 mM

次の記述のうち、図1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～J から選べ。(4 点)

- ① ATC アーゼはアロステリック酵素である。
- ② ATC アーゼの反応速度は基質濃度に比例して増大する。
- ③ CTP と ATP はどちらも ATC アーゼの活性部位に結合する。
- ④ ATC アーゼはフィードバック阻害を受ける。
- ⑤ 細胞内で ATP の濃度が高くなると、CTP の合成が促進される。

- A. ①②③ B. ①②④ C. ①②⑤ D. ①③④ E. ①③⑤ F. ①④⑤
 G. ②③④ H. ②③⑤ I. ②④⑤ J. ③④⑤

問 4) ゾウリムシには大核と小核という 2 種類の核がある。次世代に遺伝子を伝達する生殖の役割を担っているのは小核である。図はゾウリムシにみられる 3 種類の生殖様式を模式的に示したもので、細胞の輪郭の中に描かれている小さい丸は小核を表わしている。(ただし、通常時における小核の個数はゾウリムシの種によって異なる場合がある。) I は体細胞分裂である。II と III は減数分裂を伴っており、それによってできた 4 つの核のうち 3 個は退縮し、残る 1 個の核が 1 回の体細胞分裂によって 2 個の生殖核になる。II ではこれらの生殖核が融合して、新たな 1 個体が生まれる。III では 2 個体が接合し、各個体もっている 2 個の生殖核のうち 1 個を個体間で交換する。このようにして、新たな 2 個体が生まれる。



図中の個体ア～カに関する次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～L から選べ。(4 点)

- ① 個体アと個体イは遺伝的に同一である。
- ② 個体ウと個体エは遺伝的に同一である。
- ③ 個体オと個体カは遺伝的に同一である。
- ④ 個体エはすべての遺伝子がホモ接合である。
- ⑤ 個体オはすべての遺伝子がホモ接合である。

- | | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|--------|---------|
| A. ①④ | B. ②④ | C. ③④ | D. ①②④ | E. ①③④ | F. ①②③④ |
| G. ①⑤ | H. ②⑤ | I. ③⑤ | J. ①②⑤ | K. ①③⑤ | L. ①②③⑤ |

問 5) 図 1 は、いずれもヘテロ接合 (Ll, Mm, Nn) である染色体パターン、相同染色体と染色分体の関係およびセントロメアの位置を模式的に示している。

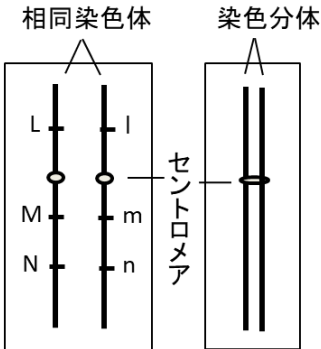


図 1

DNA 複製後の染色体は 2 本の染色分体からなる。この場合、体細胞周期 G1 期、体細胞分裂中期、減数第一分裂中期および減数第二分裂中期にみられる染色体構成と遺伝子座のパターンは、図 2 のうちのどれか。正しいパターンの組合せを A～J から選べ。なお、図 2 では減数分裂での対合と組換えはとくに想定していない。(5 点)

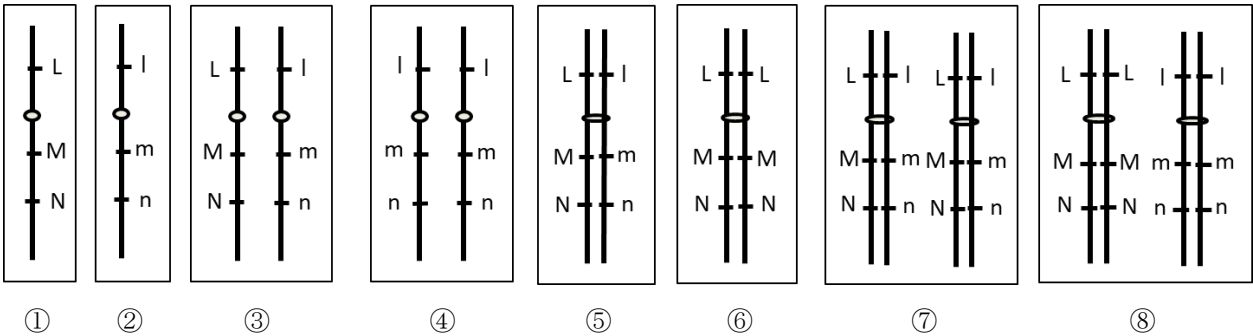


図 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
体細胞周期 G1 期	③	③	③	③	③	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤
体細胞分裂中期	⑦	⑦	⑧	⑧	⑧	⑦	⑦	⑦	⑧	⑧
減数第一分裂中期	⑤	⑦	④	⑥	⑧	③	⑦	⑦	④	⑧
減数第二分裂中期	①	⑤	②	①	⑥	②	③	⑤	②	⑥

問 6) 植物のアポミクシスは、受精を伴わない無性生殖により親とまったく同じ遺伝的性質を子へ伝達することが可能となるため、農業上重要な現象として研究が盛んである。アポマイオシス (apomeiosis) はアポミクシスの一種で、減数分裂が体細胞分裂様に変化することで二倍体の雌性配偶子が作られ、受精を経ずに種子が形成される。

近年、減数分裂の進行に関与する遺伝子の変異体を組み合わせて、人為的に減数分裂を体細胞分裂化することが可能になった。以下はその取組みに関する記述である。() 内に入る適切な用語の組合せを A～H から選べ。(4 点)

体細胞分裂では (ア) が娘細胞のそれぞれに分離するが、減数第一分裂では (イ) が分離する。アポマイオシスの実現に向けて、まず、第一分裂で (ア) の分離を抑制する遺伝子の機能を欠損させる。次に、第一分裂の前期に特徴的な (ウ) を促進する遺伝子の機能を欠損させる。これにより、減数第一分裂での (ア) の分離を実現し、両親に由来する染色体の間での遺伝子交換を阻止できる。しかし、第一分裂の完了後には (エ) が起こらないため、そのまま減数第二分裂に進むと染色体数が半減し、染色体の分配異常が生じる。そこで第二分裂が起こらなくなる遺伝的変異を導入する。

これら一連の操作により、減数分裂を経ずに二倍体の雌性配偶子が形成される。あとは雌性配偶子の (オ) を引き起こす変異を導入することができれば、アポマイオシスによる種子の生産が可能となる。

(注) 姉妹染色分体：DNA 複製を終えた 1 本の染色体を構成する 2 本の染色分体のそれぞれ。

	ア	イ	ウ	エ	オ
A	相同染色体	姉妹染色分体	減数分裂組換え	DNA 複製	単為発生
B	相同染色体	姉妹染色分体	減数分裂組換え	DNA 複製	重複受精
C	姉妹染色分体	相同染色体	減数分裂組換え	DNA 複製	単為発生
D	姉妹染色分体	相同染色体	減数分裂組換え	DNA 複製	重複受精
E	相同染色体	姉妹染色分体	DNA 複製	減数分裂組換え	単為発生
F	相同染色体	姉妹染色分体	DNA 複製	減数分裂組換え	重複受精
G	姉妹染色分体	相同染色体	DNA 複製	減数分裂組換え	単為発生
H	姉妹染色分体	相同染色体	DNA 複製	減数分裂組換え	重複受精

問 7) ある植物の突然変異体 x は、通常の条件で育てると、野生型にくらべて成長が遅い。 x をよく観察してみると、気孔の数が野生型より少ないことがわかった。 x の変異が直接影響するのは気孔の数だけであるとしたら、どの条件で x と野生型を育てたときに、両者の成長の差が小さくなると考えられるか。適切な条件を A～F から選べ。(4 点)

- A. 通常よりも光強度が高い条件
- B. 通常よりも温度が高い条件
- C. 通常よりも湿度が高い条件
- D. 通常よりも土壌水分が高い条件
- E. 通常よりも二酸化炭素濃度が高い条件
- F. 通常よりも酸素濃度が高い条件

問 8) 維管束植物の道管，仮道管を形成する管状要素細胞への分化には，二次細胞壁の形成や細胞死がかかわっている。ヒヤクニチソウから単離した葉肉細胞を植物ホルモンであるオーキシシンとサイトカイニンを含む培地で培養することで，管状要素細胞へと効率的に分化させることができる。以下の表は，ヒヤクニチソウの葉から単離した葉肉細胞を，さまざまな濃度のオーキシシンとサイトカイニンを加えて培養した実験の結果を示したものである。培養開始から 8 日後に細胞を観察し，すべての細胞における管状要素細胞の割合を%で示してある。表 1 は，サイトカイニンの濃度を 1.0 mg/l に固定し，オーキシシンの濃度を変えて実験した結果である。表 2 は，オーキシシンの濃度を 0.1 mg/l に固定し，サイトカイニンの濃度を変えて実験した結果である。

表 1

オーキシシンの濃度 (mg/l)	サイトカイニンの濃度 (mg/l)	管状要素細胞の割合 (%)
0	1.0	0
0.05	1.0	4.7 ± 0.6
0.1	1.0	8.2 ± 0.4
0.5	1.0	4.5 ± 1.6
1.0	1.0	3.6 ± 0.7
2.0	1.0	2.5 ± 0.5
平均値 ± 標準偏差		

表 2

オーキシシンの濃度 (mg/l)	サイトカイニンの濃度 (mg/l)	管状要素細胞の割合 (%)
0.1	0	0
0.1	0.1	6.3 ± 1.5
0.1	0.5	7.8 ± 2.6
0.1	1.0	8.7 ± 0.7
0.1	2.0	3.2 ± 1.1
平均値 ± 標準偏差		

以下の記述は，この実験における管状要素細胞分化という現象とオーキシシンとサイトカイニンとの関係について述べたものである。このうち正しい記述はどれか。正しい記述の組合せを A～L から選べ。(4 点)

- ① 管状要素細胞分化にはオーキシシンは必要ない。
- ② 管状要素細胞分化に最適なオーキシシン濃度が存在している。
- ③ オーキシシンの濃度が高くなるほど，管状要素細胞へと分化する割合が増加する。
- ④ オーキシシンとサイトカイニンは協調的にはたらいっている。
- ⑤ 管状要素細胞分化にはサイトカイニンが必要ない。
- ⑥ 最適なサイトカイニン濃度は 0.1 mg/l である可能性が高い。

- A. ①⑤ B. ①⑥ C. ②③ D. ②③④ E. ②③④⑥ F. ②④ G. ②④⑥
H. ③④ I. ③④⑥ J. ③⑤ K. ③⑥ L. ④⑥

問 9) エチレンは植物ホルモンの一種で、植物の成長の制御にさまざまな形でかかわっている。暗所でシロイヌナズナの芽生えにエチレンを与えて育てると、頂部の強い屈曲、胚軸の伸長抑制と肥大、根の伸長阻害という、3つの特徴的な反応（三重反応）を示す。 x と y はこの三重反応に着目して単離されたエチレン応答の突然変異体で、 x はエチレンを与えなくても三重反応を示し、 y はエチレンを与えても三重反応を示さない。 x ではタンパク質 X をコードする遺伝子が壊れており、 y ではタンパク質 Y をコードする遺伝子が壊れている。また、どちらの遺伝子も壊れている xy 変異体は、 y と同様に、エチレンを与えても三重反応を示さない。これらの情報をもとにすると、野生型のエチレン応答における X と Y のはたらき方はどのようなであると推理できるか。もっとも適当なものを A～H から選べ。（5 点）

	野生型	x 変異体	y 変異体	xy 変異体
エチレン なし				
エチレン あり				

- A. エチレンがないときは X も Y もはたらいていないが、エチレンがあるときには X が Y を活性化して Y が三重反応を引き起こす。
- B. エチレンがないときは X も Y もはたらいていないが、エチレンがあるときには Y が X を活性化して X が三重反応を引き起こす。
- C. エチレンがないときは Y が三重反応を制止しているが、エチレンがあるときにはこの Y のはたらきを X が抑制する。
- D. エチレンがないときは X が三重反応を制止しているが、エチレンがあるときにはこの X のはたらきを Y が抑制する。
- E. エチレンがないときは X が Y を活性化して Y が三重反応を制止しているが、エチレンがあるときには X がはたらかず Y による三重反応の制止が解除される。
- F. エチレンがないときは Y が X を活性化して X が三重反応を制止しているが、エチレンがあるときには Y がはたらかず X による三重反応の制止が解除される。
- G. エチレンがないときは三重反応を引き起こす Y のはたらきを X が抑制しているが、エチレンがあるときにはこの X による Y の抑制が解除される。
- H. エチレンがないときは三重反応を引き起こす X のはたらきを Y が抑制しているが、エチレンがあるときにはこの Y による X の抑制が解除される。

問 10) 通常、2 倍体被子植物の体細胞の核には 2 セットの染色体が含まれている。植物細胞 1 つあたりに含まれる染色体のセット数は減数分裂や受精によって変動する。今、4 倍体の植物に交雑可能な近縁の 2 倍体種の花粉を交雑して正常な雑種種子が形成された場合を考える。このとき、以下の表に示した各細胞に含まれる染色体セットの数の組合せのうち、正しいものを A～H から選べ。(4 点)

	4 倍体植物の 胚のう母細胞	2 倍体近縁種 の花粉母細胞	4 倍体植物の受 精前の卵細胞	4 倍体植物の受 精前の中央細胞	交雑でできた 種子の胚	交雑でできた 種子の胚乳
A	2	1	2	2	3	4
B	2	1	2	4	3	5
C	2	1	1	2	3	6
D	2	2	1	1	2	2
E	2	2	1	2	2	3
F	4	2	2	2	3	4
G	4	2	2	4	3	5
H	4	2	2	4	3	6

問 11) 海産動物ヒトデ雌の卵巣中にある卵母細胞は周囲を濾胞（ろほう）細胞で囲まれている。卵巣中の卵母細胞はまだ受精発生する能力をもたない未成熟卵母細胞である。未成熟卵母細胞は卵成熟誘起ホルモンの作用により卵成熟が進行して受精可能な成熟卵母細胞となり体外に放出され受精が起こる。ヒトデの卵成熟誘起ホルモンおよびその産生・伝達経路は明らかになっている。まずヒトデ雌の腕にある放射神経から体腔内にペプチドが放出され、これが未成熟卵母細胞の周囲にある濾胞細胞に作用してここで卵成熟誘起ホルモンが産生される。このホルモンが未成熟卵母細胞の卵表に作用して卵成熟が進行し、受精可能な成熟卵母細胞となり体外に放出される。

以下の文章は、ヒトデ卵成熟誘起ホルモンの産生伝達経路を確認する実験の手順を述べたものである。（ ）内に入る語句の正しい組合せを A～L から選べ。なお、神経からえられるペプチドおよびヒトデ卵成熟誘起ホルモンは比較的熱に安定な水溶性物質である。(4 点)

（ ア ）を単離し、海水中ですりつぶして可溶性分画を含む上澄み溶液を調製する。これに（ イ ）を入れても未成熟卵母細胞のままであるが、（ ウ ）を入れると成熟卵母細胞がえられる。成熟卵母細胞のえられた溶液中に（ イ ）を入れると卵成熟が進行する。

- ① ヒトデ卵濾胞細胞
- ② ヒトデ放射神経
- ③ 濾胞細胞のある未成熟卵母細胞
- ④ 濾胞細胞を除去した未成熟卵母細胞

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

問 12) クローン動物とは、同一のゲノムをもつ複数の動物個体を意味する。イギリスのガードンは以下のような実験を行い、クローン動物の作製に成功した。

(実験) オスまたはメスの、成体アフリカツメガエル M の皮膚細胞を培養して、培養細胞から核を採取する。メスのアフリカツメガエル N の成熟卵から核を取り除き(除核)、除核卵に培養皮膚細胞の核を移植して、発生させる。その卵は発生して、オタマジャクシになった。なお、アフリカツメガエルの雌雄は、性染色体によって遺伝的に決定される。

次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述の組合せを A~J から選べ。(4 点)

- ① 発生したオタマジャクシは常にメスである。
- ② 発生したオタマジャクシのゲノムは、N のゲノムと同じであり、したがって両者はクローンであるといえる。
- ③ M の成体皮膚の細胞核には、オタマジャクシのすべての種類の細胞への分化を可能にする遺伝子が存在したと考えられる。
- ④ 発生したオタマジャクシから細胞を取り出して培養し、その細胞核をもちいて同じ実験を行うと、クローン動物がえられる可能性がある。

A. ① B. ② C. ③ D. ④ E. ①② F. ①③ G. ①④ H. ②③ I. ②④ J. ③④

問 13) 以下の文章は、呼吸(とくに酸素分圧)について述べたものである。() 内に入る語句または数字として正しいものの組合せを A~L から選べ。(4 点)

私たちが吸入する空気の酸素分圧はおよそ 160 mmHg であるが、実際に酸素を血液に取り込む(ア)内ではおよそ 104 mmHg になっている。(イ) 血の酸素分圧は(ア) の毛細血管を通過する間に平衡に達する。全身の体組織では、酸素分圧は 40mmHg より低く、体組織と(ウ) 血の酸素分圧の差により酸素が体組織に移動する。その結果、静脈血の酸素分圧はおよそ(エ) mmHg となる。

	ア	イ	ウ	エ
A	肺胞	肺動脈	毛細血管	40
B	肺胞	肺動脈	毛細血管	120
C	肺胞	毛細血管	静脈	40
D	肺胞	毛細血管	静脈	120
E	肺胞	静脈	肺動脈	40
F	肺胞	静脈	肺動脈	120
G	気管支	肺動脈	毛細血管	40
H	気管支	肺動脈	毛細血管	120
I	気管支	毛細血管	静脈	40
J	気管支	毛細血管	静脈	120
K	気管支	静脈	肺動脈	40
L	気管支	静脈	肺動脈	120

問 14) カエルやサンショウウオなどの両生類の変態は、甲状腺から分泌されるチロキシンによって制御されていることが知られている。一方、多くのサンショウウオには、幼形成熟（ネオテニー）とよばれる現象があることが見出されている。これは一生幼生形を保ち、変態することなく性的に成熟することである。いま、自然界で幼形成熟を起こす 4 種類のサンショウウオ、*Ambystoma mexicanum* (*A. mexicanum*)、*Ambystoma tigrinum* (*A. tigrinum*)、*Eurycea neotenes* (*E. neotenes*)、および *Necturus* sp. (*N. sp.*) を飼育している。これらはそれぞれ、内分泌器官である視床下部、脳下垂体、甲状腺、あるいは変態を起こす標的組織・器官のいずれか 1 つに機能の欠陥があるために、変態せず幼形成熟を引き起こすことがわかっている。そこで、それぞれの種がどの器官に欠陥があるのかを調べる実験をおこない、表 1 の結果をえた。なお、対照実験として生理食塩水のみを注射した場合は変態しなかった。

表 1：4 種のサンショウウオを飼育したときの実験結果

	甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンを注射	甲状腺刺激ホルモンを注射	チロキシンを注射
<i>A. mexicanum</i>	変態しなかった	変態した	変態した
<i>A. tigrinum</i>	変態した	—	変態した
<i>E. neotenes</i>	変態しなかった	変態しなかった	変態した
<i>N. sp.</i>	—	—	変態しなかった

注：空欄（—）は実験をしていないことを示す。

これらの結果から導かれる推論として正しくないものを A～H から選べ。(4 点)

- A. *A. mexicanum* は脳下垂体に欠陥があり、甲状腺刺激ホルモンが分泌されない。
- B. *A. mexicanum* は脳下垂体に欠陥があり、甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンに応答できない。
- C. *A. tigrinum* に甲状腺刺激ホルモンを注射すると変態する。
- D. *A. tigrinum* は視床下部に欠陥があり、甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンが分泌されない。
- E. *E. neotenes* は脳下垂体に欠陥があり、甲状腺刺激ホルモンが分泌されない。
- F. *E. neotenes* は甲状腺に欠陥があり、甲状腺刺激ホルモンに応答できなくなっている。
- G. *N. sp.* は変態を起こす組織・器官に欠陥があり、チロキシンに応答できなくなっている。
- H. *N. sp.* に甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンを注射しても変態しない。

問 15) ヒトの腎臓は、握りこぶし大の大きさで、左右に一对存在する。おもな機能は、老廃物の排出、体液の浸透圧の調節である。腎臓に腎動脈から血液が流入し、ろ過されると、原尿ができる。原尿は再吸収により、ある成分は再び血液中に戻り、濃縮されたものが尿として体外に排出される。浸透圧の調節にはホルモンが関与している。

腎臓のはたらきを調べるために、腎臓でろ過され、再吸収されないイヌリンをもちいて実験を行った。まずイヌリンを静脈注射し、数分後イヌリンの血液中の濃度が安定してから尿を採取し、血しょう中のイヌリン濃度を比較したところ、以下ようになった。

	血しょう	尿
5 分間に採集した尿量 (ml)	—	5.0
尿素濃度 (mg/ml)	0.3	20.0
イヌリン濃度 (mg/ml)	0.1	12.0

尿素の再吸収量はろ過量の何%になるか。データより計算し、もっとも近い値を A～L から選べ。(4 点)

- A. 0% B. 5% C. 10% D. 12% E. 15% F. 20% G. 25%
H. 30% I. 35% J. 36% K. 40% L. 44%

問 16) 医療技術の中には免疫系の機構をターゲットとしたものがある。下記の 1～3 の治療・予防方法は、免疫系の機構 A～L のどの過程をおもに利用あるいは補助するものか。正しい組合せを A～L から選べ。(5 点)

- 軽度の創傷（擦り傷）を洗浄して湿潤絆創膏（ばんそうこう）で保護したところ、傷は膿むことなく治癒した。
- 麻疹（はしか）ワクチンを打って感染を予防する。
- マムシに噛まれたが、ヘビ毒血清の投与を受けて事なきをえた。

A. マクロファージが損傷した細胞や細菌を食作用によって取り込む。

I. NK（ナチュラルキラー）細胞によって感染した細胞が破壊される。

ウ. 樹状細胞に抗原が取り込まれ提示されて、ヘルパーT細胞が活性化される。

エ. 活性化された T 細胞が感染した細胞を破壊し、B 細胞が分化して多数のプラズマ細胞が作られ、抗体タンパク質が分泌される。

オ. 活性化された T 細胞および B 細胞の一部は記憶細胞となって長期にわたって存続する。

カ. 抗体タンパク質が抗原に結合する。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ア	イ	ア	イ	ア	イ	ア	イ	ア	イ	ア	イ
2	ウ	ウ	ウ	ウ	エ	エ	エ	エ	オ	オ	オ	オ
3	エ	エ	カ	カ	エ	エ	カ	カ	エ	エ	カ	カ

問 17) カサガイは岩礁海岸の潮間帯に生息する軟体動物である。殻は円錐形で岩に固着し、移動しながら、岩の表面に付着した藻類などを摂食している。食物や場所をめぐって、カサガイの個体群の中に、種内競争が起きる場合がある。個体群密度が異なる生息場所で、各個体の殻の最大径を測定し、個体のサイズ分布を調べた。その結果が図 1 である。次に、個体群密度とカサガイのバイオマス（個体群の総生物体量）の関係を調べた。図 2 のエ～カのグラフのうち、いずれか 1 つがその正しい関係を示している。

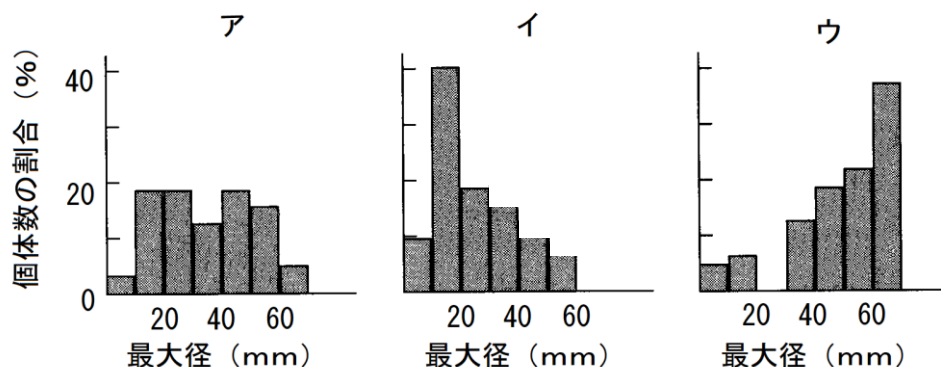


図 1

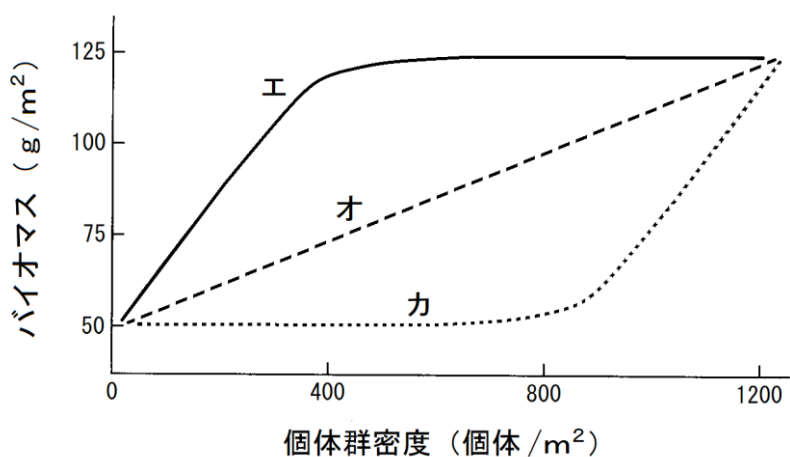


図 2

これらの図に関する次の記述について、正しいものの組合せを A～I から選べ。(5 点)

- ① 図 1 で、個体群密度がもっとも高い場所のものは、アである。
- ② 図 1 で、個体群密度がもっとも高い場所のものは、イである。
- ③ 図 1 で、個体群密度がもっとも高い場所のものは、ウである。
- ④ 図 2 で、個体群密度とバイオマスの関係を正しく示しているのは、エである。
- ⑤ 図 2 で、個体群密度とバイオマスの関係を正しく示しているのは、オである。
- ⑥ 図 2 で、個体群密度とバイオマスの関係を正しく示しているのは、カである。

- A. ①④ B. ①⑤ C. ①⑥ D. ②④ E. ②⑤ F. ②⑥ G. ③④ H. ③⑤ I. ③⑥

問 18) 植物は移動できないために、交配に際して花粉の運搬を風や動物に依存している。そのため、花の形状・色・香りなどの性質が、それぞれの花粉の運搬様式に適合していることが知られている。風、マルハナバチ、鳥によって花粉が運ばれる植物の花の性質を調べたところ、下表のような性質をもつ傾向があった。

花粉の媒体	①	②	③
花の形状	左右相称で横向き	小型で柱頭が突出	筒状で横向き、または、花およびその支持器官が固い
花弁の色	白色・黄色	緑色	赤色
花のかおり	有	無	無
蜜	有	無	有（多い）
花粉量	少ない	非常に多い	多い

花粉の媒体として上表の①～③に風、マルハナバチ、鳥が入るとき、正しい組合せを A～F から選べ。（4 点）

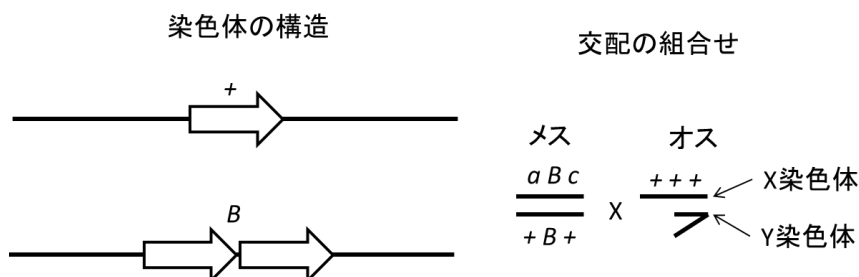
	①	②	③
A	風	マルハナバチ	鳥
B	風	鳥	マルハナバチ
C	マルハナバチ	風	鳥
D	マルハナバチ	鳥	風
E	鳥	マルハナバチ	風
F	鳥	風	マルハナバチ

問 19) ある遺伝子座には 2 つの対立遺伝子 (V_1 と V_2) が存在する。母親と二人の娘の計 3 名について、この遺伝子座の遺伝子型を調べたところ、3 名の遺伝子型は異なっており、3 種類の遺伝子型 (V_1V_1 , V_1V_2 , V_2V_2) が検出された。なお、この二人の娘の父親は同一人物である。母親の遺伝子型と遺伝子座の位置に関する次の記述のうち、正しい記述はどれか。正しい記述の組合せを A～L から選べ。（5 点）

- ① 母親の遺伝子型は、 V_1V_1 である。
- ② 母親の遺伝子型は、 V_1V_2 である。
- ③ 母親の遺伝子型は、 V_2V_2 である。
- ④ 母親の遺伝子型は、この結果だけでは決められない。
- ⑤ この遺伝子座は、常染色体に乗っている。
- ⑥ この遺伝子座は、X 染色体に乗っている。
- ⑦ この遺伝子座が常染色体に乗っているのか、X 染色体に乗っているのか、この結果だけでは決められない。

- A. ①⑤ B. ①⑥ C. ①⑦ D. ②⑤ E. ②⑥ F. ②⑦
 G. ③⑤ H. ③⑥ I. ③⑦ J. ④⑤ K. ④⑥ L. ④⑦

問 20) ショウジョウバエの野生型は複眼が丸くて大きいが、優性の突然変異 *Bar* (*B*) では複眼が細長く棒状になる。唾腺染色体を観察すると、*B* の系統では X 染色体にあるその遺伝子近傍の領域が重複しているようにみえる。また、*B* の系統を維持していると、まれに野生型と区別できない個体が現われる。そのような復帰突然変異はどのようにして生じるのだろうか。このことを明らかにするため、X 染色体上で *B* 遺伝子を挟んだ位置にある *a* と *c* という 2 つの遺伝子の劣性突然変異を利用する（それぞれに対する野生型は+の記号で表す）。図のように *a B c* と *+ B +* の染色体をヘテロ接合の状態でもっているメスを野生型のオスに交配した。次世代のオスでは多数の *B* 表現型に混じって、ごく少数の復帰突然変異および *B* の表現型がより激しくなるウルトラ *B* の個体が現われた。また、これら例外のハエはすべて *a* か *c* のいずれか一方だけ突然変異を伴っていた。



次の記述のうち、これらの結果から推論できるものはどれか。推論できる記述の組合せを A～L から選べ。(5 点)

- ① *B* はトランスポゾンのような挿入が原因で、余分な配列が除去されることによって復帰突然変異が生じる。
- ② *B* 遺伝子の近傍に新たなトランスポゾンが挿入することによって、復帰突然変異が生じる。
- ③ ゲノムのどこかに *B* の発現を抑制する新たな配列ができ、これが復帰突然変異となる。
- ④ 2 ヲ所の相同な領域がずれた状態で交差が生じることがあり、それが原因で *B* の復帰突然変異が生じる。
- ⑤ ウルトラ *B* の個体は *B* の復帰突然変異よりも生じやすい。
- ⑥ *B* の復帰突然変異はメスの減数分裂時にのみ現われ、オスの減数分裂時には現れない。

- A. ①⑤ B. ②⑤ C. ③⑤ D. ④⑤ E. ①⑥ F. ②⑥ G. ③⑥ H. ④⑥
 I. ①⑤⑥ J. ②⑤⑥ K. ③⑤⑥ L. ④⑤⑥

問 21) あるショウジョウバエの 3 つの遺伝子座 (*rap*, *sap*, *tap*) には、それぞれ 2 つの対立遺伝子 (*R* と *r*, *S* と *s*, *T* と *t*) が存在し、*R*, *S*, *T* はそれぞれ *r*, *s*, *t* に対して優性である。下図は雌における遺伝子型と表現型の関係を示している。

遺伝子座	<i>rap</i>			<i>sap</i>			<i>tap</i>		
遺伝子型	<i>RR</i>	<i>Rr</i>	<i>rr</i>	<i>SS</i>	<i>Ss</i>	<i>ss</i>	<i>TT</i>	<i>Tt</i>	<i>tt</i>
表現型	R		r	S		s	T		t

rst の純系の雌と *RST* の純系の雄を交配してえられた *F*₁ の表現型は、雌ではすべて *RST* であり、雄ではすべて *RSt* であった。*F*₁ 同士を交配してえられた *F*₂ の表現型と観察された個体数は、以下のとおりであった。なお、ショウジョウバエでは、組換えは雌では起きるが、雄では起きない。

表現型	<i>RST</i>	<i>RSt</i>	<i>RsT</i>	<i>Rst</i>	<i>rST</i>	<i>rSt</i>	<i>rsT</i>	<i>rst</i>
観察数	324	310	58	63	65	59	63	68

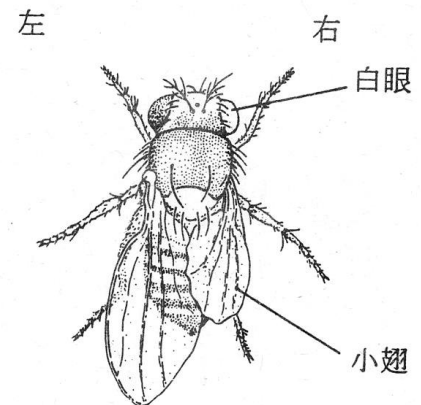
遺伝子座の位置に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述の組合せを A～J から選べ。(5 点)

- ① 遺伝子座 *rap* は常染色体に乗っている。
- ② 遺伝子座 *rap* は X 染色体に乗っている。
- ③ 遺伝子座 *sap* は常染色体に乗っている。
- ④ 遺伝子座 *sap* は X 染色体に乗っている。
- ⑤ 遺伝子座 *tap* は常染色体に乗っている。
- ⑥ 遺伝子座 *tap* は X 染色体に乗っている。
- ⑦ 遺伝子座 *rap* と遺伝子座 *sap* は同じ染色体に乗っている。
- ⑧ 遺伝子座 *rap* と遺伝子座 *sap* は異なる染色体に乗っている。

- A. ①③⑤⑦ B. ①③⑤⑧ C. ①③⑥⑦ D. ①③⑥⑧ E. ①④⑤⑧ F. ①④⑥⑧
G. ②③⑤⑧ H. ②③⑥⑧ I. ②④⑤⑦ J. ②④⑥⑦

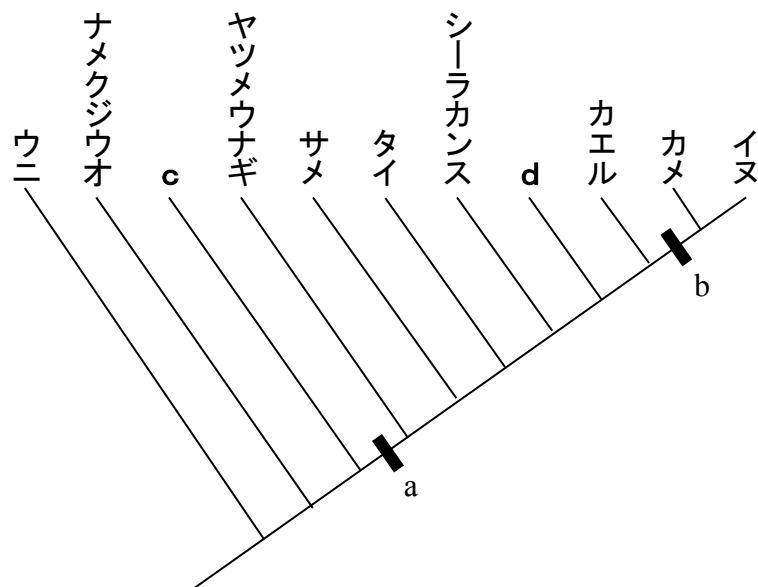
問 22) ショウジョウバエは 3 対の常染色体に加えて、性染色体として X 染色体と Y 染色体をもつ。常染色体の 1 組を A で表すと、 $2A+XX$ が雌、 $2A+XY$ が雄となる。しかし、哺乳類の場合とは大きく異なり、Y 染色体は性の決定にはほとんど関与せず、性は X 染色体の数と常染色体の組数の比で決まることが知られている。

ショウジョウバエの X 染色体上には白眼 (*w*) と小翅 (*m*) とよばれる劣性対立遺伝子が存在する。表現型が白眼・小翅の雄と野生型の雌をかけ合わせ、その雑種第一代の成虫を多数調べたところ、図に示すように体の左右どちらかが雌でもう一方が雄である雌雄モザイクとよばれる個体のごくまれに観察された。このような雌雄モザイクの個体は体の片側の細胞で、ある 1 つの染色体が失われていることがわかった。失われた染色体はどのようなものか、また、それは図の個体では体の左右どちら側に由来する細胞におきているのか。正しい記述を A～J から選べ。(4 点)



- A. 野生型の X 染色体が体の右側の細胞で失われている。
- B. 野生型の X 染色体が体の左側の細胞で失われている。
- C. *w* と *m* をもった X 染色体が体の右側の細胞で失われている。
- D. *w* と *m* をもった X 染色体が体の左側の細胞で失われている。
- E. *w* をもった X 染色体が体の右側の細胞で失われている。
- F. *w* をもった X 染色体が体の左側の細胞で失われている。
- G. *m* をもった X 染色体が体の右側の細胞で失われている。
- H. *m* をもった X 染色体が体の左側の細胞で失われている。
- I. Y 染色体が体の右側の細胞で失われている。
- J. Y 染色体が体の左側の細胞で失われている。

問 23) 次の図は動物の系統図の一部である。系統図の a と b のそれぞれの段階で獲得した形質および c と d に入る生物名の組合せとして正しいものを A～L から選べ。(5 点)



	a	b	c	d
A	脊索	羊膜	ホヤ	ハイギョ
B	脊索	羊膜	ヒトデ	ハイギョ
C	脊索	羊膜	ホヤ	コイ
D	脊索	指のある肢	ヒトデ	コイ
E	脊索	指のある肢	ホヤ	ハイギョ
F	脊索	指のある肢	ヒトデ	ハイギョ
G	脊椎骨	羊膜	ホヤ	コイ
H	脊椎骨	羊膜	ヒトデ	コイ
I	脊椎骨	羊膜	ホヤ	ハイギョ
J	脊椎骨	指のある肢	ヒトデ	ハイギョ
K	脊椎骨	指のある肢	ホヤ	コイ
L	脊椎骨	指のある肢	ヒトデ	コイ