



令和2年度入学者選抜学力検査問題

〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎・物 理	2 頁 ~ 8 頁
化 学 基 礎・化 学	11 頁 ~ 17 頁
生 物 基 礎・生 物	18 頁 ~ 28 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっている。そこから2科目を選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

生物基礎・生物

1 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

呼吸は、酸素を用いた異化により、有機物を二酸化炭素と水に分解して、ATPを合成する仕組みである。グルコースを呼吸基質とした呼吸の過程は、解糖系・クエン酸回路・電子伝達系の3つから成る。^(a)一方、脂肪が呼吸基質となる場合、脂肪はまず脂肪酸とグリセリンに分解される。続いて、グリセリンは解糖系に入って分解され、脂肪酸は **ア** の過程を経てアセチルCoAとなり、クエン酸回路に入る。タンパク質が呼吸基質となる場合、タンパク質の加水分解によって生じたアミノ酸は **イ** 反応を経て、ピルビン酸やそのほかの有機酸となり、クエン酸回路に入る。呼吸により放出された二酸化炭素と消費された酸素の体積比から呼吸商を算出^(b)することにより、呼吸基質としておもに何が使われたかを推測することができる。

問 1 下線(a)について、以下の問いに答えなさい。

解糖系・クエン酸回路・電子伝達系のはたらきを調べるため、ラットの肝臓を氷上で^(a)0.25 mol/Lスクロース液中ですりつぶし、図1に示す手順で遠心分離を行った。

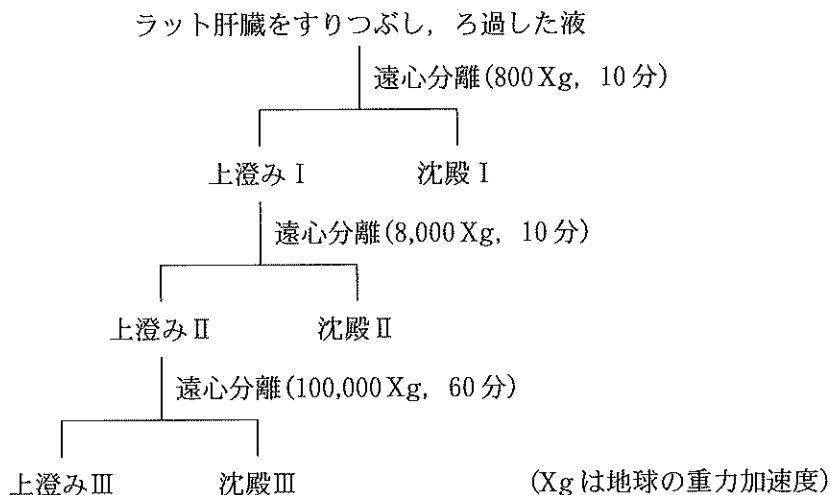


図 1

- 沈殿Ⅰには、2枚の生体膜で包まれる構造体があった。この構造体は酢酸カーミン液で赤く染色された。
- 沈殿Ⅱには、2枚の生体膜で包まれる構造体があった。沈殿Ⅱにピルビン酸を加えて37℃にすると、ピルビン酸は分解された。
- 沈殿Ⅲには、1枚の生体膜で包まれる構造体があった。この構造体の表面には小さな粒子が付着していた。

(i) 解糖系、クエン酸回路、電子伝達系は、それぞれ①沈殿Ⅰ、②沈殿Ⅱ、③沈殿Ⅲ、④上澄みⅢのどこに最も多く含まれるか、番号で答えなさい。

(ii) 沈殿Ⅰに含まれる膜構造体に関する記述として正しいものを1つ選び、番号で答えなさい。

- ① タンパク質を含まない。
- ② 物質が常に自由に出入りできる。
- ③ 2枚の生体膜が消失することがある。
- ④ 全ての真核細胞に存在する。

(iii) 沈殿Ⅱに含まれる膜構造体に関する記述として誤っているものを1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 独自のDNAをもつ。
- ② 2枚の生体膜は、それぞれ異なるはたらきを担う。
- ③ シアノバクテリアの一種が他の細胞に入り込み共生してできたと考えられている。
- ④ 分裂して増殖することができる。

(iv) 沈殿Ⅲに含まれる膜構造体の名称を答えなさい。

問2 文章中の ア と イ にあてはまる用語を答えなさい。

問 3 下線(b)について、以下の問いに答えなさい。

- (i) グルコース($C_6H_{12}O_6$)およびリノール酸($C_{18}H_{32}O_2$)を呼吸基質としたときの呼吸の反応式をそれぞれ記述しなさい。
- (ii) グルコース($C_6H_{12}O_6$)およびリノール酸($C_{18}H_{32}O_2$)を呼吸基質としたときの呼吸商を有効数字2桁でそれぞれ計算しなさい。計算過程も記述すること。
- (iii) 下の図2は、自由に餌を与えたラットの一日における呼吸商の変動を示したものである。この図をもとに、ラットの生態と呼吸商の関係について考察しなさい。

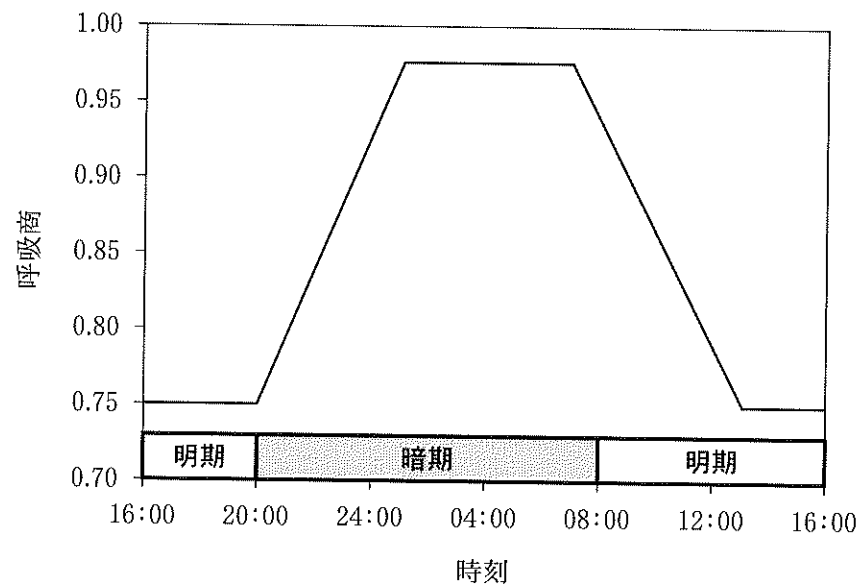


図 2

- (iv) ラットに(iii)で与えた餌より脂肪成分を多く含む餌を与えたとき、一日における呼吸商の変動はどのようになると予想されるか、解答用紙の図に実線で書き入れなさい。なお、通常の餌を与えたときの呼吸商の変動を破線で示してある。

2 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

ヒトの体には病原体が体内に侵入することを防いだり、侵入した病原体を排除するしくみが備わっている。^(a)このようなくみを免疫という。体内に侵入した病原体に対しては、やがはたらく。では、食細胞によって行われる食作用がはたらく。血液中に存在するは、食細胞の中では最も数が多い。は、単球が組織中で分化した食細胞である。樹状細胞は、だけではなくにおいても重要な役割を担う。

^(b)食細胞には、病原体が共通してもつ特徴を識別する受容体が発現している。例えば、とよばれる受容体にはいくつかの種類があり、この受容体によって病原体を認識した食細胞は、サイトカインを分泌して免疫細胞を活性化する。

では、T細胞とB細胞が中心的な役割を果たす。^(c)T細胞の一種であるCD 8⁺キラーT細胞は、病原体が感染した細胞を攻撃して、感染細胞を死滅させる。一方、別のT細胞であるCD 4⁺ヘルパーT細胞は、B細胞を活性化して抗体を産生する形質細胞への分化を誘導する。また、CD 4⁺ヘルパーT細胞は、を活性化してその食作用を促進する。一度活性化されたT細胞とB細胞の一部は、として体内に保存される。は同じ病原体が再び侵入したときに、速やかに増殖して強い免疫反応を引き起こす。

ヒト免疫不全ウイルス(HIV)は、主にCD 4⁺ヘルパーT細胞に感染する。感染したヒトの体内では、HIVに対する強い免疫反応が引き起こされるが、HIVが完全に排除されることはない。後天性免疫不全症候群(AIDS)は、HIVによっておこる感染症である。^(d)

問 1 文章中の空欄からにあてはまる適切な用語を答えなさい。なお、同じ記号が付された空欄には同じ用語が入る。

問 2 下線部(a)について、皮膚や粘膜からの分泌物には細菌の細胞壁を分解する分子や、細菌の細胞膜を破壊する分子が含まれる。それぞれの分子の名称を答えなさい。

問 3 下線部(b)について、食作用により病原体を取り込んだ樹状細胞が、抗原提示によりT細胞を活性化するしくみを以下の用語を全て用いて簡潔に説明しなさい。
樹状細胞、T細胞受容体、抗原、MHC(主要組織適合性複合体)、T細胞、病原体

問 4 下線部(c)について、ヒトのT細胞とB細胞の分化に適した組織の名称を答えなさい。

問 5 下線部(d)について,

i) AIDS 患者は日和見感染を起こしやすい。日和見感染について簡潔に説明しなさい。

ii) 図 1 に, 治療を行わなかった HIV 感染の典型的な経過を示す。図の縦軸は, 感染直後
を基準とした血中のウイルス量あるいは細胞数の相対値を表している。横軸は, 時間経過
を表している。

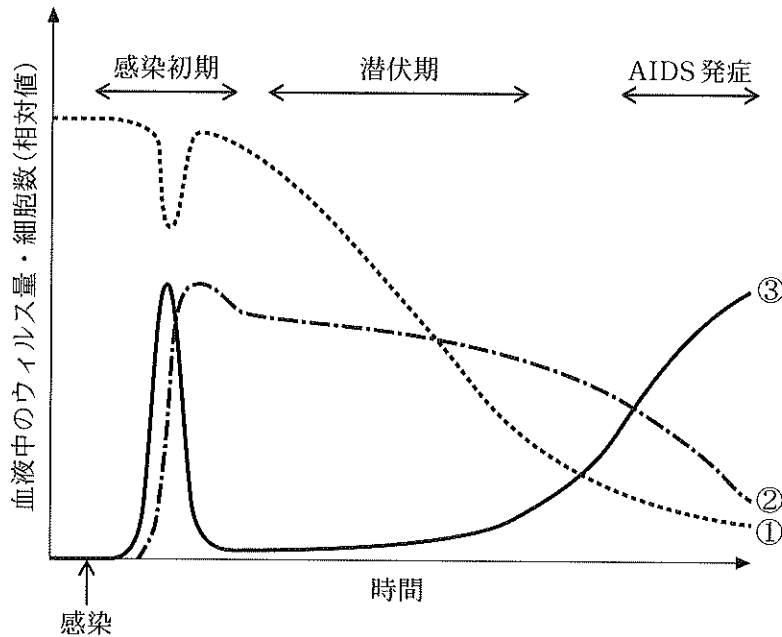


図 1

図中の線①～③が示す用語の組合せとして, 最も適切なものを選択肢 a)～f)の中から
選びなさい。

- a) ①HIV, ②HIV 感染細胞を攻撃する CD 8⁺ キラー T 細胞, ③CD 4⁺ ヘルパー T 細胞
- b) ①HIV, ②CD 4⁺ ヘルパー T 細胞, ③HIV 感染細胞を攻撃する CD 8⁺ キラー T 細胞
- c) ①HIV 感染細胞を攻撃する CD 8⁺ キラー T 細胞, ②CD 4⁺ ヘルパー T 細胞, ③HIV
- d) ①HIV 感染細胞を攻撃する CD 8⁺ キラー T 細胞, ②HIV, ③CD 4⁺ ヘルパー T 細胞
- e) ①CD 4⁺ ヘルパー T 細胞, ②HIV 感染細胞を攻撃する CD 8⁺ キラー T 細胞, ③HIV
- f) ①CD 4⁺ ヘルパー T 細胞, ②HIV, ③HIV 感染細胞を攻撃する CD 8⁺ キラー T 細胞

iii) HIV 感染では, 以下の現象が観察される。

- ① 複製されたウイルスゲノムに, 高い頻度で多様な変異が認められる。
- ② 増殖していない HIV 感染細胞では, ウイルス遺伝子は転写されない。

これらの現象は, HIV に対する免疫反応にどのような影響を及ぼすか, それぞれに
ついて考察しなさい。

(この頁は空白)

3 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

生物の持つ様々な形質の多くは、遺伝子を設計図として合成されるタンパク質の機能に起因している。(a) 生命科学者たちは長年、生細胞内の遺伝子を自由自在に編集し、遺伝子の発現を制御することによって、生物の形質を操作する技術を夢見てきた。その過程で、制限酵素を用いて作成した組換え DNA などの外来遺伝子を生物に導入するトランスジェニック技術などが開発されたが、煩雑さ、時間、費用などの点で多くの制約があった。一方、最近、CRISPR/Cas 9 (クリスパー/キャスナイン) システムという比較的簡単にゲノム編集をする技術が開発され、その利用例は極めて急速に増加している。

CRISPR/Cas 9 システムは本来、ファージ(細菌ウイルス)などの感染に対し、細菌が備える一種の免疫機構として発見された。(b) ファージ感染後に生き残った細菌は、ファージのゲノムの一部を自分の CRISPR 座位に組込んで記憶する(図 1 A)。再び同じファージが感染した時、CRISPR 座位から転写された RNA 配列と照合しながら相補的なファージの DNA 配列を見つけ出し、Cas 9 酵素によってファージ DNA を切断し破壊する(図 1 B)。

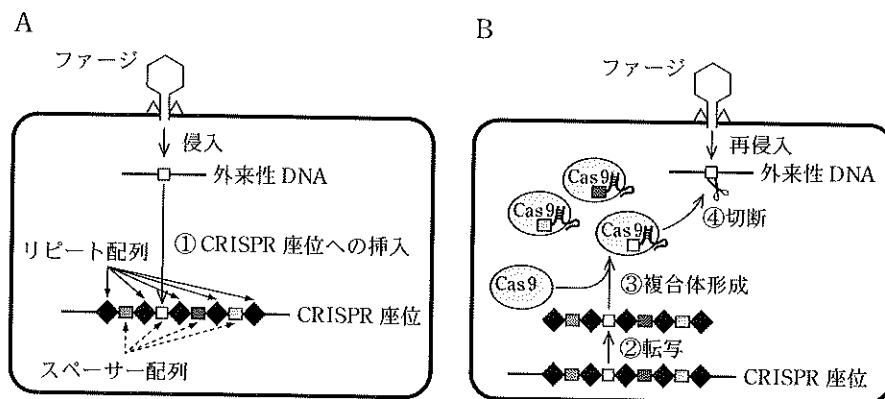
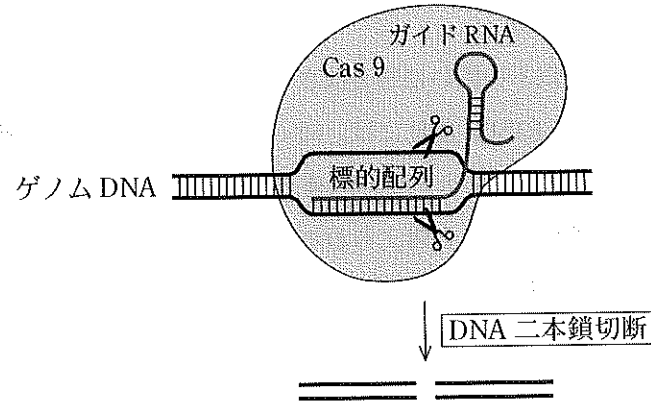


図 1 細菌の免疫機構における CRISPR/Cas 9

2012 年、このシステムがゲノム編集に応用できることをシャルパンティエとダウドナらが報告して以来、CRISPR/Cas 9 は一躍有名になった。編集の標的となるゲノム DNA 上の配列 20 塩基に対応するガイド RNA と、Cas 9 核酸分解酵素を同時に生細胞に導入すると、ガイド RNA と Cas 9 酵素は複合体を形成し、生細胞のゲノム中から標的配列を見つけ出して DNA 二本鎖を切断する(図 2 A)。その後、細胞内で非相同末端結合が起こるが、修復される時に、切断端で塩基の挿入や欠失が生じるため、遺伝子の情報に基づいて作られるタンパク質の機能を損なわせることができる。(c) (図 2 B 左)。また、ガイド RNA と Cas 9 酵素を細胞に導入する際、一緒に、切断端周辺の相同配列を持つドナー DNA を導入すれば、相同組換えにより、希望通りの塩基置換や外来遺伝子の挿入(ノックイン)などが可能となる(図 2 B 右)。これらの技術は、従来の相同組換えを利用したノックアウトマウスの作製法と似ているが、CRISPR/Cas 9 システムの方が簡便

で、組換え効率が圧倒的に高く、生物種も選ばず、父方・母方の両遺伝子座を同時に、更には複数の遺伝子を同時に編集できるという利点などが存在する。

A



B

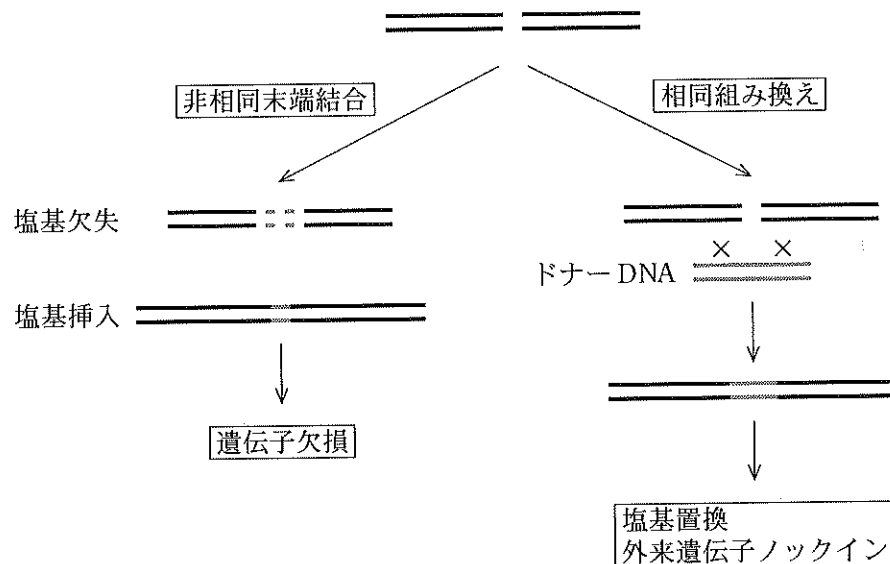


図2 CRISPR/Cas 9 システムの概略

このように、CRISPR/Cas 9 システムは簡便で組換え効率が高く、どのような生物種にも応用できる極めて優れた技術である。しかし場合によっては、標的配列以外の部位での切断(オフターゲット効果)^(d)が生じるなど、克服しなければならない問題点も残されている。既に、ゲノム DNA を切断せずに標的遺伝子の発現を調節する方法^(e)なども開発されていることから、近い将来、ヒトの遺伝子治療などにも応用されるであろう。

問 1 下線部(a)に関して、1952年にハーシーとチェイスが、大腸菌に感染し増殖する T₂ファージを用いて、遺伝子の本体がタンパク質ではなく DNA であることを実験によって証明した。どのような実験であったかを、以下の単語を全て用いて簡潔に説明せよ。

(³⁵S, ³²P, 攪拌, 遠心分離)

問 2 下線部(b)に関して、以下の問いに答えなさい。

(i) 図 1 A のように、CRISPR 座位には、同一配列(リピート配列, ◆)が密集し、リピート配列間には多様な配列(スペーサー配列, ■)がはさまれている。CRISPR/Cas 9 システムが細菌の免疫機構であると考えられるようになったきっかけの実験結果を推測し、以下の単語を全て用いて簡潔に説明せよ。

(ゲノム, ファージ, スペーサー配列, 塩基配列解析, 細菌)

(ii) ウイルスが感染した場合、細菌とヒトの免疫反応は大きく異なる。何を外来性異物として認識しているかという観点から、異なる点を簡潔に述べよ。

問 3 下線部(c)に関して、塩基の挿入または欠失によって、遺伝子の情報に基づいて作られるタンパク質のアミノ酸配列が変化することがある。下の図 3 のように、正常 DNA に二本鎖切断(図中の▼)が生じ、その後に非相同末端結合が起こる際、①一塩基の挿入、あるいは、②一塩基の欠失が起こったとする。その時、アミノ酸配列はどのように変わり、タンパク質はどうなるかを、mRNA の遺伝暗号表を参考にして答えよ。

正常

切断
▼

DNA ... ATG TTT AAA CCG GCA ...
... TAC AAA TTT GGC CGT ...

アミノ酸 ... Met Phe Lys Pro Ala ...

①一塩基挿入

DNA ... ATG TTT TAA ACC GGC ...
... TAC AAA ATT TGG CCG ...

アミノ酸 ... ? ? ? ? ? ...

②一塩基欠失

DNA ... ATG TTT AAC CGG CAA ...
... TAC AAA TTG GCC GTT ...

アミノ酸 ... ? ? ? ? ? ...

mRNA の遺伝暗号表

		2 番目の塩基				
		U	C	A	G	
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 C A G	
	UUA } ロイシン (Leu)	UCA } セリン (Ser)	UAA } 終止コドン	UGA } 終止コドン		
	UUG } ロイシン (Leu)	UCG } セリン (Ser)	UAG } 終止コドン	UGG } トリプトファン(Trp)		
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 C A G	
	CUC } ロイシン (Leu)	CCC } プロリン (Pro)	CAC } ヒスチジン (His)	CGC } アルギニン (Arg)		
	CUA } ロイシン (Leu)	CCA } プロリン (Pro)	CAA } グルタミン (Gln)	CGA } アルギニン (Arg)		
	CUG } ロイシン (Leu)	CCG } プロリン (Pro)	CAG } グルタミン (Gln)	CGG } アルギニン (Arg)		
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 C A G	
	AUC } イソロイシン (Ile)	ACC } トレオニン (Thr)	AAC } アスパラギン (Asn)	AGC } セリン (Ser)		
	AUA } イソロイシン (Ile)	ACA } トレオニン (Thr)	AAA } リジン (Lys)	AGA } アルギニン (Arg)		
	AUG } メチオニン (Met)	ACG } トレオニン (Thr)	AAG } リジン (Lys)	AGG } アルギニン (Arg)		
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 C A G	
	GUC } バリン (Val)	GCC } アラニン (Ala)	GAC } アスパラギン酸 (Asp)	GGC } グリシン (Gly)		
	GUA } バリン (Val)	GCA } アラニン (Ala)	GAA } グルタミン酸 (Glu)	GGA } グリシン (Gly)		
	GUG } バリン (Val)	GCG } アラニン (Ala)	GAG } グルタミン酸 (Glu)	GGG } グリシン (Gly)		

図 3

問 4 下線部(d)に関して、オフターゲット効果が生じる原因を予想し、簡潔に説明せよ。

問 5 下線部(e)に関する以下の説明文の空欄を、文末の用語群から選んで完成させよ。なお、同じ記号が付された空欄には同じ用語が入る。

ヒトでは、一組の遺伝子の片方が などによって機能せず、遺伝子の発現量が半分以下になったために生じる病気が 200 種以上知られている。正常なもう一方の遺伝子の発現量を高めることができれば、病気の発症を抑えることができるが、各遺伝子がいつ、どの細胞で、どの位の量を発現するかは、遺伝子ごとの や に結合する転写調節因子の種類に依存しており、遺伝子の発現を制御することは決して容易ではない。しかし、 を取り除いた Cas 9 体に、転写調節活性を持つ他のタンパク質を させたものを、 と複合体形成させれば、標的とする遺伝子の や に運ぶことができ、遺伝子の発現を調節することが可能となる。

用語群：プロモーター、ガイド RNA、DNA 切断活性、転写調節領域、融合、変異

問 6 CRISPR/Cas 9 システムを用いたゲノム編集技術は、既に農作物や水畜産物分野で実用化されており、収穫量の高いイネ(農研機構)、栄養価の高いトマト(筑波大)、アレルギーの少ない卵を産むニワトリ(産総研)、肉付きの良い真鯛(近大、京大)などが続々と開発されている。従来の品種改良法と比べた時、CRISPR/Cas 9 システムが優れている点などを述べた以下の文章のうち、誤っているものを一つ選べ。

- ① ゲノム編集技術による遺伝子破壊で得られた個体は、自然放射能や紫外線で引き起こされる自然突然変異体、あるいは、化学薬剤で引き起こされる誘導突然変異体と明確に区別できる。
- ② ゲノム編集技術では、改変する塩基配列(染色体上・遺伝子上の位置)が明確である。一方、トランスジェニック生物を作製する遺伝子導入技術では、外来遺伝子が染色体のどこかに偶然組込まれるため、外来遺伝子による予期せぬ副作用が現れる可能性がある。
- ③ 自然突然変異に依存した従来の品種改良では、特定の系統を樹立するのに長期間(数十年)かかっていたが、ゲノム編集技術を用いれば短期間(数年)で行うことが可能である。
- ④ 2019年3月に厚生労働省は、ゲノム編集で開発した農水産物の多くは従来の品種改良と同じであるとして、同省の安全審査を受けなくても、国に届け出するだけで食品として販売を認める方針を打ち出した。
- ⑤ 科学技術は往々にして、「益」と「害」を併せ持つ諸刃の剣である。ゲノム編集に関しても、「人はどこまで人為的に生物を変えて良いのか」という倫理的問題などについて、科学者だけでなく、一般市民も含めて議論を重ね、今後の使い方を考える必要がある。