

理科問題紙

平成 30 年 2 月 25 日

自 14:00

至 16:00

答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は 1 から 24 までの 24 ページである。
2. 解答用紙は、生物 ⑦, ⑧, ⑨, 化学 ⑩, ⑪, ⑫, ⑬, 物理 ⑭, ⑮, ⑯ の 10 枚である。
3. 生物, 化学, 物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

生 物

1

- (1) 遺伝暗号は、1961年に試験管内でペプチド鎖を合成させる技術が開発されたことによって一気に解明された。この技術を開発して遺伝暗号の解読に初めて成功したのはニールンバーグである。ニールンバーグは、コラーナが開発した人工ポリヌクレオチド合成技術を使って、ウラシルのみからなる人工のRNAをつくり、これを mRNA として大腸菌の抽出液に加え、さらにタンパク質の材料になる全 種類のアミノ酸を加えた。なお、このとき 種類のアミノ酸のうち1種類だけは、放射性同位体で標識したアミノ酸とした。その結果、標識アミノ酸として を加えた場合にのみ、得られたペプチド鎖から放射線が検出された。

この結果を受けてコラーナらも遺伝暗号解読の研究を開始した。コラーナらは、2つの塩基が繰り返した mRNA から合成されるペプチド鎖には2種類のアミノ酸が含まれ、また3つの塩基が繰り返した場合は3種類までのアミノ酸が含まれることを見いだした。こうした研究によって、3つ組みの塩基配列、すなわちコドンとアミノ酸の対応関係が次々と明らかになっていった。

コラーナらはさらに、4つの塩基が繰り返す mRNA でその塩基配列内に UAG, UAA, UGA という配列を含む場合は、3つのアミノ酸が重合しただけの極めて短いペプチド鎖のみが合成されることを見いだした。この結果から、UAG, UAA, UGA の3つのコドンが、アミノ酸を指定しない であることが判り、1964年までに次ページの表に示すような遺伝暗号表が完成した。

問 1 から に適当な語または数字を入れなさい。

問 2 ACAU の配列が繰り返される人工 mRNA を、大腸菌の抽出液に加えたときに合成されるペプチド鎖に含まれるアミノ酸は何か。遺伝暗号表を参照してすべて答えなさい。

遺伝暗号表

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

問 3 CA の配列が繰り返される人工 mRNA を大腸菌の抽出液に加えた場合、合成されるペプチド鎖は 2 種類のアミノ酸を含んでいた。しかし、この実験だけでは、その 2 種類のアミノ酸を指定するコドンの配列を特定することはできない。どのような実験を追加して行えば、コドンの配列とアミノ酸の対応を特定できるか答えなさい。

(2) 遺伝情報は、DNA→転写→mRNA→→タンパク質の順に伝わる。この一方向性の遺伝情報の流れをという。真核生物では、の工程は次のとおりである。

- ① RNA ポリメラーゼの働きにより、DNA の遺伝情報が mRNA に写し取られる。
- ② mRNA がを通過して核質から細胞質に移動しに結合する。
- ③がにアミノ酸を運んできて、対応する mRNA 上の3つ組みの塩基配列を識別して結合する。
- ④ 運ばれてきたアミノ酸が順次つながりペプチド鎖が合成される。

問 1 からに適切な語を入れなさい。ただし、は物質名や構造名ではなく、そこで生じる過程の名称を答えなさい。

問 2 原核生物では、遺伝情報からタンパク質合成までの流れが、真核生物の場合と少し異なる。原核生物は真核生物とどう違うのか、簡単に説明しなさい。

動物は、外界からの刺激を受容器によって受け取り、この情報を感覚ニューロンの興奮として中枢神経系に伝える。受容器は特定の刺激に対してだけ敏感に反応することができ、この刺激を適刺激という。痛覚と視覚とでは適刺激が異なるが、受容器が受けた適刺激の情報が中枢神経系に伝わる経路も異なっている。

ニューロンとほかのニューロンとの間は、シナプスという構造によって連絡している。シナプスでは、シナプス前細胞とシナプス後細胞との間に、 とよばれるすきまが存在している。シナプス前細胞の神経終末に活動電位が到達すると、神経終末に イオンが流入し、これが引き金となり、細胞内の という顆粒とシナプス前細胞の細胞膜とが融合する。これによって に含まれる化学物質が に放出される。

シナプスには、シナプス後細胞に対して興奮的に作用する興奮性シナプスと抑制的に作用する抑制性シナプスがある。この違いは、 に放出される化学物質を受けて開くシナプス後膜上のイオンチャネルの違いによる。シナプス後膜において、 チャネルが開くと 分極性の興奮性シナプス後電位 (EPSP) が生じ、 チャネルが開くと、 分極性の抑制性シナプス後電位 (IPSP) が生じる。また、通常1つの興奮性シナプスによる EPSP だけではシナプス後細胞に活動電位は生じない。シナプス後細胞の興奮には、複数の EPSP が、時間的あるいは空間的に統合される必要がある。

問 1 から に適当な語を入れなさい。

問 2 と の空欄に入る文字を下から1つずつ選び、番号で答えなさい。

- ① 脱 ② 過 ③ 再

問 3 視覚器が受けた適刺激の情報が中枢神経系に伝わる経路について 75 字から 100 字で説明しなさい。

問 4 軸索の途中を人為的に刺激して興奮させた場合、活動電位は刺激した場所から軸索の両方向に伝わる。しかし、樹状突起で生じた活動電位は、軸索を神経終末に向かって一方向にしか伝わらない。この理由を 50 字から 75 字で説明しなさい。

問 5 下線部の、時間的あるいは空間的統合とは何か、それぞれ簡単に説明しなさい。

- (1) 腎臓は体内で作られた老廃物を排出するために尿を常に生成している。ヒトの場合、腎臓は他の臓器と3種類の管状の組織(A, B, C)でつながり、それらの管の中を血液や尿が流れている。A, B, Cそれぞれの管を通過する液体の流量を調べたところ、Aの流量はBとCの流量を合わせたものに等しかった。また、Cの流量はBの流量より少なかった。

腎臓にある腎小体は と から成っている。 には血液が流れており、血液からつくられた を が受け、それが細尿管に送られる。

問1 A, B, Cそれぞれの管の名称を書きなさい。またそれぞれの管がつながる心臓の部位、もしくは臓器を下記の中から1つずつ選び、番号で答えなさい。

- ① 右心室 ② 左心室 ③ 右心房 ④ 左心房
 ⑤ 肺 ⑥ 肝臓 ⑦ 副腎 ⑧ ひ臓
 ⑨ すい臓 ⑩ ぼうこう

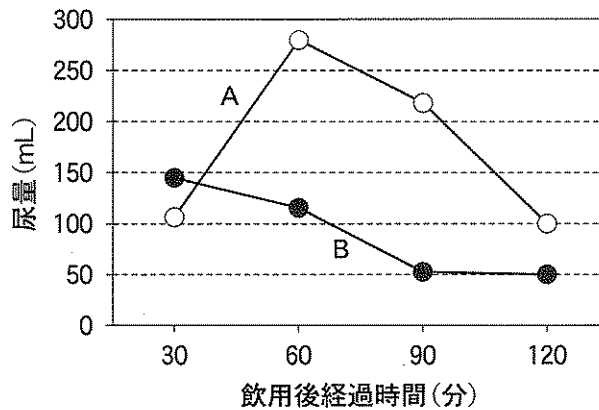
問2 から に適当な語を入れなさい。

問3 ヒトの場合、1個の腎臓には腎小体は何個あるか、正しいものを1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 約10万個 ② 約20万個 ③ 約100万個
 ④ 約200万個 ⑤ 約1000万個 ⑥ 約2000万個

問4 健康なヒトの場合、タンパク質とグルコースは尿として排出されない。これらの物質が尿として排出されない腎臓のしくみを、それぞれ簡単に説明しなさい。

(2) 腎臓は老廃物の排泄だけでなく、水やミネラルの排出を調節することで、体液の恒常性を維持する役割を持っている。健康な成人男性に蒸留水1Lもしくは生理食塩水1Lを飲用させ、尿量の変化を経時的に測定したところ、下のグラフに示す結果が得られた。



問 1 生理食塩水を飲用したのは A と B のどちらか、記号で答えなさい。また、その理由を 50 字以内で説明しなさい。

問 2 蒸留水を飲用した成人男性では、ある脳下垂体ホルモンの分泌量の減少が見られた。このホルモンの名称を書きなさい。また、このホルモンを分泌する脳下垂体の部位と、このホルモンの腎臓における作用部位を下記の中から 1 つずつ選び、番号で答えなさい。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 前葉 | ② 中葉 | ③ 後葉 |
| ④ 腎小体 | ⑤ 細尿管 | ⑥ 集合管 |

問 3 蒸留水を飲用した場合の尿量変化における腎臓のしくみについて、簡単に説明しなさい。

問 4 炎天下における運動などで大量の発汗がある場合、水分の補給が必要となるが、この場合水の大量摂取は不適切であると言われている。その理由を、腎臓のはたらきに注目して 50 字から 100 字で説明しなさい。

- (1) 火山周辺は植生遷移の研究に適している。北海道の南西部に位置する有珠山は、現在も活発に活動している火山である。この山の植生はミズナラなどを極相林とすると考えられるが、20世紀以降に起きた4回の噴火によってその生態系は大規模な攪乱かくらんを受けており、現在の山麓さんろくには裸地から始まる様々な植生遷移を観察することができる。有珠山では、最初に裸地に侵入するのは地衣類ではなく、ススキやイタドリなどの草本植物である。

問 1 このような乾性遷移の初期に出現する植物を何というか、答えなさい。

問 2 ヤシヤブシと同属植物であるハンノキなどは、木本植物であるにもかかわらず早期に侵入できる。それはなぜか。理由を50字以内で説明しなさい。

- (2) 東日本の里山には、コナラやクヌギなどの 樹林からなる雑木林が広がる。これらの樹木は成熟が早く、20年程度で燃料用の木炭などに利用可能な樹勢となる。また、伐採後の切り株から萌芽するため、伐採する時期をずらすことで永続的な木材利用が可能になる。さらに、落葉した葉は下草などとともに に利用できる。明るい環境で早く成長するこれらの樹木は と呼ばれ、植生遷移の初期に現れることが多い。一方で、里山の管理を放棄すると、植生は から に遷移する。 が占有した雑木林では、林床が くなり、生物の多様性が低下する。このように、中規模で穏やかな人間による攪乱は、生物多様性を維持する上で重要であり、自然との共生システムとして注目されている。人間が生態系から受ける恩恵を生態系 といい、これの持続的な享受には、生態系のバランスを保ち、生物多様性を保全することが重要である。

問 1 から に適当な語を入れなさい。

(3) 日本固有種であるゲンジボタルは、北海道と沖縄を除く全国の清澄な流水域に棲息している。生態的な形質で分類すると、2秒間隔で発光する西日本型と、4秒間隔で発光する東日本型とがある。一方、ミトコンドリアDNA型に注目すると、以下のように分類できることが最近の研究により明らかになった。これらの資料を参考に、次の問いに答えなさい。

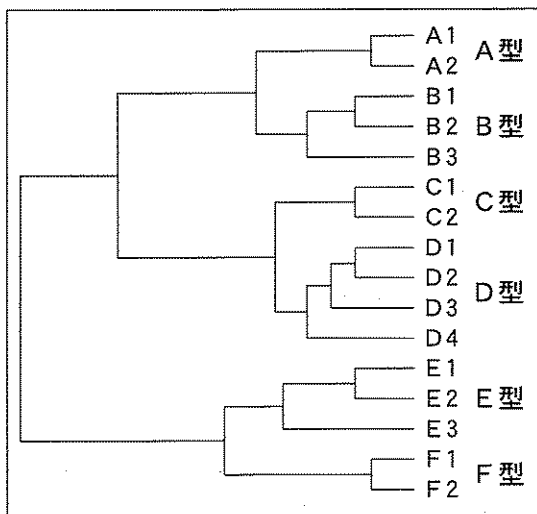


図1 ゲンジボタルのミトコンドリアDNA型を比較した図

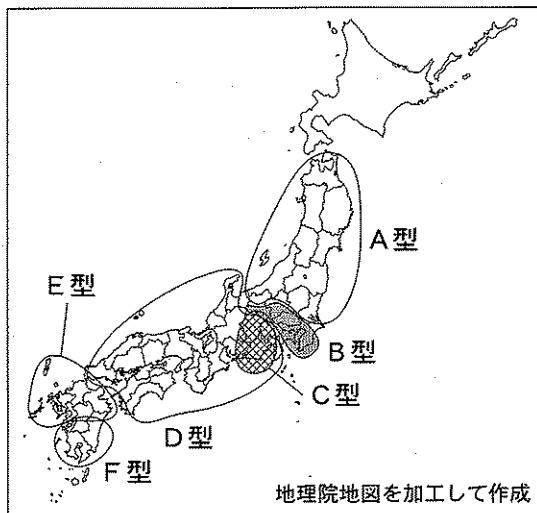


図2 ゲンジボタルのミトコンドリアDNA型ごとの棲息域地図

問 1 図 1 のような、塩基配列の情報に基づいて作成した進化的関係を示す図の名称を答えなさい。

問 2 図 1 および図 2 から、この昆虫は生態的な形質に基づく分類以上に細かく分類することができると考えられる。その理由を 50 字以内で説明しなさい。

問 3 日本では、発光するホタルとして、ゲンジボタルとヘイケボタルがよく知られている。ヘイケボタルは全国各地の水田や湿原などの止水域に棲息する。ところで、道内のある町で行われたホタル観賞会ではゲンジボタルが乱舞しており、そのミトコンドリア DNA の塩基配列は D 型であった。また、東京都内の親水公園で採取されたゲンジボタルからは、B 型だけでなく、C 型、及び D 型の塩基配列をもつものが確認された。これらの例を参考に、日本各地で盛んに行われているホタル保護活動やホタル観賞会等のイベントによって引き起こされる生物多様性に関する問題点を、以下の用語をすべて用いて 200 字以内で論じなさい。

用語：遺伝的多様性，地域固有種，道内のある町，東京都内の親水公園

問 4 1992 年に採択された生物多様性条約，および環境省が策定した生物多様性国家戦略では、生物多様性を保全するため、国外外来種および国内外来種について適切な措置を講じるよう規定された。環境省が指定する特定外来生物の例を 1 つあげ、その生物が及ぼす影響を簡単に説明しなさい。