

平成30年度 入学試験問題

理科問題用紙(後期)

試験時間	120分
問題用紙	物理 1～8頁
	化学 9～18頁
	生物 19～29頁

注意事項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙に落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても、または試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. 携帯電話等の電子機器類は電源を必ず切り、鞆の中にしまうこと。
6. 机上には、受験票と筆記用具(鉛筆、シャープペンシル、消しゴム)および時計(計時機能のみ)以外は置かないこと。(耳栓、コンパス、定規等は使用できない。)
7. 問題用紙および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題用紙の余白は自由に用いてよい。
10. 質問、トイレ、体調不良等で用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は、問題用紙および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後、解答用紙は裏返し、問題用紙は持ち帰ること。

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

生 物

[I] 生物の分類と進化に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

生物は種を基本単位として分類され、近縁の種をまとめて属へ、さらに上位の階級として科、目、, , 界へと、段階的に分類される。近年、異なる生物の間で遺伝子の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列を比較することにより、生物の系統関係を明らかにすることが可能になった。DNAには一定の確率で突然変異が起こるが、突然変異の大部分は、自然選択に対して有利でも不利でもなく、遺伝的浮動により集団内に広がる。このため、2つの種において共通の起源をもつ遺伝子やタンパク質を比較すると、種が分かれてからの時間にほぼ比例してDNAの塩基配列やアミノ酸配列の変化は大きくなる傾向がある。このような塩基配列やアミノ酸配列の変化の速度はとよばれ、これを利用して2つの種がいつ分岐したのかを推測することができる。この手法によりウーズは、rRNAの塩基配列を解析し、生物全体を細菌ドメイン、ドメイン、原生生物界を含むドメインの3つに分類した。ドメインは、界よりも上位の分類階級である。

同様の手法を用いて、霊長類の系統関係を明らかにするため、この動物群に共通して存在するタンパク質Pのアミノ酸配列を調べた。下表は、動物間で異なるアミノ酸の数をまとめたものである。

ヒト					
ゴリラ	12				
ボノボ	10	12			
ニホンザル	42	42	42		
オランウータン	24	24	24	42	
	ヒト	ゴリラ	ボノボ	ニホンザル	オランウータン

表 タンパク質Pにおける動物間で異なるアミノ酸の数

この表の結果から、下図のような分子系統樹を作成した。ただし、アミノ酸の変化はどの動物でも一定の速度で起こり、同じ場所での2回以上のアミノ酸の変化は起こらなかったものとする。

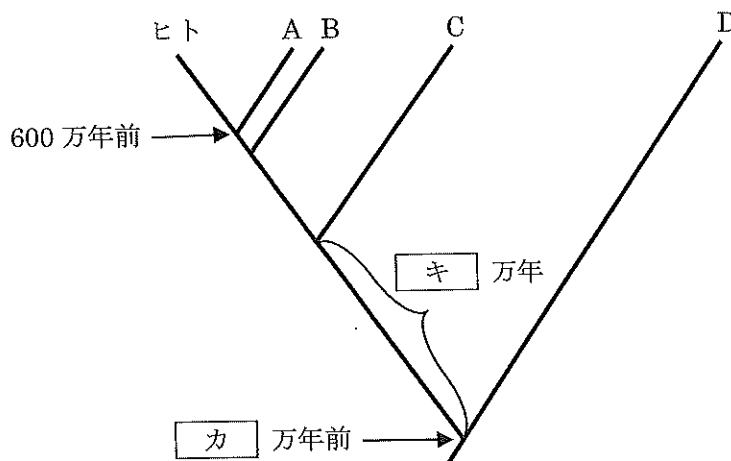


図 霊長類の分子系統樹

問1 文中の ~ にあてはまる語句を漢字で入れよ。ただし、, に漢字 1 文字を入れること。また、, に含まれる生物を、以下の(あ)~(き)より 2 つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

- (あ) 乳酸菌 (い) 大腸菌 (う) 超好熱菌 (え) メタン菌
 (お) アメーバ (か) ソラマメ (き) シアノバクテリア

問2 の生物において、以下の(あ)~(く)より、(1) rRNA が細胞内で合成される部位を 1 つ、(2) 合成された rRNA が細胞内で働く部位をすべて選び、それぞれ記号で答えよ。

- (あ) 液胞 (い) 中心体 (う) 核小体 (え) ゴルジ体
 (お) リソソーム (か) リボソーム (き) 滑面小胞体 (く) 粗面小胞体

問3 文中の下線部の考えは何説に基づいているか。最もあてはまる説の名称を I 群より、その提唱者を II 群より 1 つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

- I 群：(あ) 共生説 (い) 中立説 (う) 用不用説 (え) 自然選択説
 (お) 突然変異説 (か) 発生反復説 (き) 中規模かく乱説

- II 群：(a) コンネル (b) ヘッケル (c) ラマルク (d) 木村資生
 (e) ダーウィン (f) ド フリース (g) マーグリズ

問4 表中の各動物は、図のA～Dのどれに相当するか。あてはまるものを1つずつ、それぞれ記号で答えよ。

また、ヒトとAが600万年前に分岐したとすると、Dが、D以外の動物共通の祖先から分岐したのは 万年前であり、さらに、この分岐から 万年後に、Cが、C以外の動物共通の祖先から分岐したと推測される(図参照)。、 にあてはまる数をそれぞれ整数で答えよ。ただし、2つの動物が分岐した後の年数は、動物間で異なるアミノ酸の数と比例するものとする。

問5 ヒトと下記①～④の生物に共通して存在するタンパク質を、I群よりすべて選び、それぞれ記号で答えよ。また、ヒトにおいてI群の各タンパク質にあてはまる記述を、II群より2つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。同じ記号を何度用いてもよい。

- ① 酵母菌 ② 根粒菌 ③ ゾウリムシ ④ ウサギ

I群：(あ) ヒストン (い) MHC (主要組織適合抗原) (う) RNAポリメラーゼ

- II群：(a) 細胞の核に存在する。
(b) 細胞の外に分泌される。
(c) 細胞膜を貫いて存在する。
(d) 中心体の主要タンパク質である。
(e) リボソームの主要タンパク質である。
(f) ミトコンドリアの主要タンパク質である。
(g) B細胞の受容体により認識される。
(h) T細胞の受容体により認識される。
(i) RNAのヌクレオチド鎖を3'→5'の方向に合成する。
(j) RNAのヌクレオチド鎖を5'→3'の方向に合成する。

問6 霊長類の分類階級をI群より1つ選び、記号で答えよ。また、このグループの動物に共通してあてはまる記述をII群よりすべて選び、記号で答えよ。

I群：(あ) 属 (い) 科 (う) 目 (え) ア (お) イ

- II群：(a) 外骨格をもつ。
(b) 立体視ができる。
(c) 旧口動物である。
(d) 独立栄養生物である。
(e) 2心房1心室である。
(f) 直立二足歩行をする。
(g) 胎盤を使って発生する。
(h) 羊膜に包まれて発生する。
(i) DNAは細胞の核にだけ存在する。

[II] 神経系に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

静止状態の神経細胞（ニューロン）では、細胞の内側は外側に対して電位が [ア] になっている。この電位差は、ナトリウムポンプにより [イ] が細胞外へ、[ウ] が細胞内へそれぞれ輸送されることと、開いた状態にある電位非依存性の [エ] チャネルにより [エ] が細胞外へ流出することにより生じる。ニューロンが刺激を受けると、静止時には閉じていた [オ] チャネルが開き、[オ] が細胞内に流入する。これにより、細胞の内側は外側に対して電位が [カ] なる。[オ] チャネルはすぐに閉じ、遅れて開いた電位依存性の [キ] チャネルにより [キ] が細胞外に流出することで、電位はもとに戻る。このような電位変化を活動電位とよび、活動電位が発生することを興奮という。興奮は軸索に沿って伝わり（伝導）、神経終末（軸索の末端）まで達すると、シナプス小胞内の神経伝達物質がシナプス間隙へと放出され、隣接する細胞に受容される。神経伝達物質が興奮性の場合には、受容した細胞の陽イオンチャネルが開き、脱分極に向かう電位が生じる。このような電位変化を興奮性シナプス後電位（EPSP）という。神経伝達物質が抑制性の場合には、受容した細胞の [ク] チャネルが開き、過分極に向かう電位が生じる。このような電位変化を抑制性シナプス後電位（IPSP）という。

アメフラシは、背中のえらに続く水管から海水を出し入れすることで呼吸している。この水管に接触刺激を与えると、えら引っ込み反射を起こすが、繰り返し刺激を与えると、次第にえらを引っ込まなくなる。このような学習を [ケ] という。このしくみは以下のように説明できる。水管の感覚ニューロンは、えら引っ込み反射に関する運動ニューロンとシナプスを形成している。水管への接触刺激により感覚ニューロンが興奮し、運動ニューロンに EPSP が生じることで、えら引っ込み反射が起こる。しかし、繰り返しこの反応が生じると、感覚ニューロンからの神経伝達物質の放出が減少して運動ニューロンの EPSP が小さくなるため、反応が生じにくくなる。[ケ] を生じた個体に対して、尾部など別の部位に刺激を与えたのち水管を触ると、えら引っ込み反射を再び起こすようになる。これを [コ] という。

問 1 文中の [ア] ～ [コ] にあてはまる語句を、以下の(あ)～(け)より 1 つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。同じ記号を何度用いてもよい。

- (あ) 正に (い) 負に (う) 等しく (え) Na^+ (お) K^+ (か) Cl^-
(き) 慣れ (く) 脱慣れ (け) 刷込み

問 2 興奮が起こる最小限の刺激の強さをあらわす語句を、漢字 2 文字で答えよ。

問3 下線部の原因として最も適切なものを、以下の(あ)～(え)より1つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 感覚ニューロンの活動電位の最大値が小さくなる。
- (い) 感覚ニューロンの神経終末での cAMP の合成が高まる。
- (う) 感覚ニューロンの神経終末での Ca^{2+} の流入量が減少する。
- (え) 感覚ニューロンの神経終末とシナプスを形成している介在ニューロンからセロトニンが放出される。

問4 以下の(a)～(e)の各受容器に対する適刺激を、以下の(あ)～(け)よりそれぞれ1つずつ選び、記号で答えよ。

- (a) コルチ器 (b) 半規管 (c) 嗅上皮 (d) 味覚芽 (e) 皮膚の圧点

- (あ) 可視光 (い) からだの傾き (う) からだの回転 (え) 音波 (空気の振動)
(お) 空気中の化学物質 (か) 液体中の化学物質 (き) 接触による圧力
(く) 強い圧力・熱など (け) 低い温度

問5 ヒトの屈筋反射について、各問いに答えよ。(1) I群の語句をすべて用いて反射弓を完成させよ。ただし、(あ)から始めて、左から右へと記号を並べること。(2)この反射弓において、脊髓の腹根を通るものをI群から1つ選び、記号で答えよ。(3)反射中枢をII群より1つ、これと同じ部位が反射中枢である反射をIII群より1つ選び、それぞれ記号で答えよ。

- I群：(あ) 受容器 (い) 効果器 (う) 運動ニューロン (え) 感覚ニューロン
(お) 介在ニューロン

- II群：(あ) 脊髓 (い) 延髄 (う) 小脳 (え) 中脳

- III群：(あ) 瞳孔反射 (い) 唾液分泌 (う) 膝蓋腱^{しつがいけん}反射

[III] 遺伝子の発現調節と細胞の分化に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

表皮には未分化な状態の細胞（未分化細胞）が存在し、その一部は角化細胞へと分化し、ケラチンを発現するようになる。細胞が分化する過程では、調節タンパク質によりその標的遺伝子の発現が抑制または促進されることで、細胞がそれぞれ特有の形や働きをもつようになる。

転写によりつくられる RNA には、タンパク質に翻訳される mRNA と、tRNA や rRNA のような翻訳されない RNA（非翻訳 RNA）がある。近年、tRNA や rRNA 以外にも多種類の非翻訳 RNA が見つかри、細胞内でさまざまな働きをしていることがわかってきた。ある種の非翻訳 RNA は、それ自身と相補的な塩基配列をもつ mRNA の分解を促進または抑制することで、その遺伝子の発現を調節している。

非翻訳 RNA と細胞の分化の関連について調べるために、マウス表皮の未分化細胞（MP 細胞）を用いて、以下の実験を行った。この未分化細胞は、培養液 C で培養すると角化細胞に分化するが、培養液 D で培養すると未分化のままである。ただし、細胞は実験中は増えたり死んだりせず、細胞の数は変わらないものとする。また、遺伝子 A からつくられる調節タンパク質 A は、DNA と結合する領域をもつが、遺伝子 A の角化細胞への分化における役割はわかっていない。

【実験1】 MP細胞を培養液Cで培養し、発現が変動するRNAを調べたところ、遺伝子AのmRNAの発現量が培養3日後に約40倍に増加することがわかった。また、ある非翻訳RNA（これを非翻訳RNA-Xという）の発現量は減少し、別の非翻訳RNA（これを非翻訳RNA-Yという）の発現量は増加していた（図1）。ケラチン遺伝子のmRNAの発現は、培養3日後には検出されず、6日後に検出された。

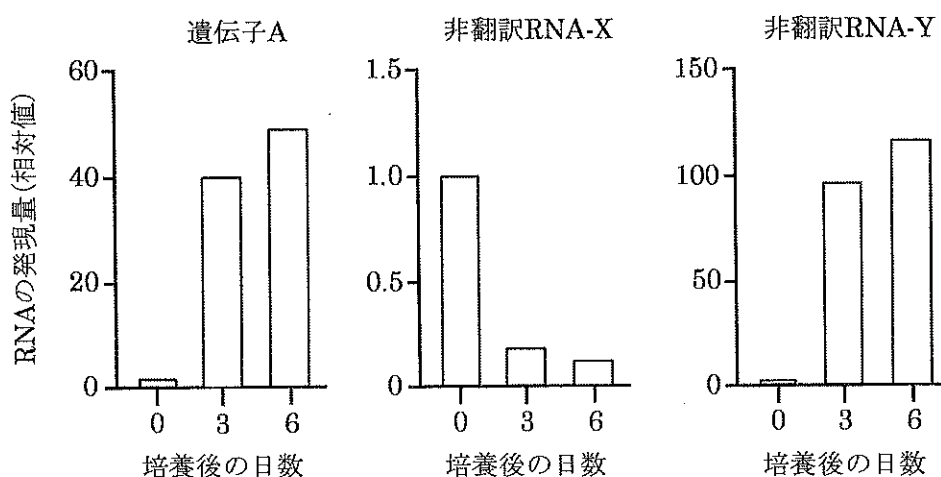


図1 培養3日後と6日後のRNAの発現変動 培養を開始した日を0日後とし、その時のRNAの発現量を1とする。

【実験2】 MP細胞を培養液Dで培養し、培養3日後と6日後に遺伝子Aの mRNA、非翻訳 RNA-X、非翻訳 RNA-Y の発現量を調べたところ、いずれも変化しなかった。また、ケラチン遺伝子の mRNA の発現は、全培養期間において検出されなかった。

【実験3】 培養液Cに遺伝子Aの発現を抑制する薬剤を加えてMP細胞を培養したところ、ケラチン遺伝子の mRNA の発現は培養6日後でも検出されなかった。

【実験4】 調節タンパク質AをMP細胞の核に導入して培養液Dで培養したところ、ケラチン遺伝子の mRNA の発現が培養6日後に検出された。一方、DNAと結合する領域を除いた調節タンパク質Aの変異体をMP細胞の核に導入して培養液Dで培養したところ、ケラチン遺伝子の mRNA の発現は培養6日後でも検出されなかった。

【実験5】 培養液Dに非翻訳 RNA-X の発現を抑制する薬剤を加えて、MP細胞を培養したところ、遺伝子Aの mRNA の発現量は培養3日後と6日後のどちらも約5倍の増加にとどまった。しかし、非翻訳 RNA-Y の発現量は変化しなかった。

次に、非翻訳 RNA-Y を常に発現する MP-Y 細胞を作製した。これを培養液Dで培養したところ、遺伝子Aの mRNA の発現量は培養3日後と6日後のどちらも変化しなかった。ところが、培養液Dに非翻訳 RNA-X の発現を抑制する薬剤を加えて、MP-Y 細胞を培養したところ、遺伝子Aの mRNA の発現量が培養3日後に約40倍に増加した。

【実験6】 培養液Cに非翻訳 RNA-Y の発現を抑制する薬剤を加えて、MP細胞を培養したところ、遺伝子Aの mRNA の発現量は培養3日後と6日後のどちらも約5倍の増加にとどまった。非翻訳 RNA-X の発現量は図1と同様に減少した。

【実験 7】 遺伝子 A と非翻訳 RNA-X および非翻訳 RNA-Y の塩基配列を比較したところ、非翻訳 RNA-Y のみが遺伝子 A と相補的な塩基配列（配列 A'）をもつことがわかった。そこで、非翻訳 RNA-Y を 4 つの領域に分けて、図 2 のように 6 種類の RNA（RNA-Y1～Y6）を人工的に合成した。RNA-Y1～Y6 のいずれかと遺伝子 A の mRNA を試験管内で混和し、10 分後に結合しているかを調べた。その結果、RNA-Y1、Y2、Y3、Y5 は遺伝子 A の mRNA と結合したが、RNA-Y4 と Y6 は結合しなかった。ただし、この実験では、配列 A' を含む人工 RNA のみが結合したものとする。

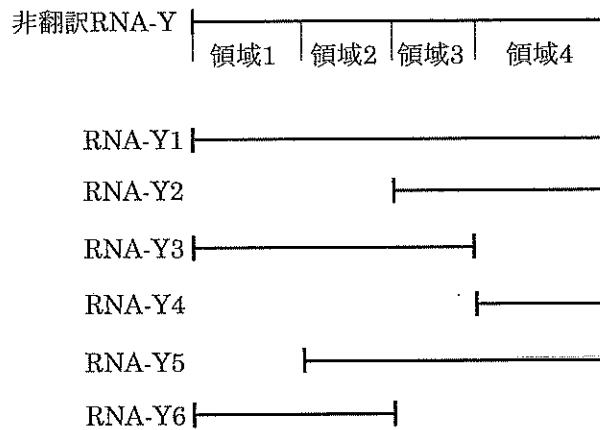


図 2 人工合成した RNA ーは該当する領域を含むことを示す。

【実験 8】 遺伝子 A の mRNA と非翻訳 RNA-X あるいは非翻訳 RNA-Y（図 2 の RNA-Y1）を試験管内で混和し、3 時間後と 6 時間後に遺伝子 A の mRNA の量を測定した。図 3 は、その結果を示している。

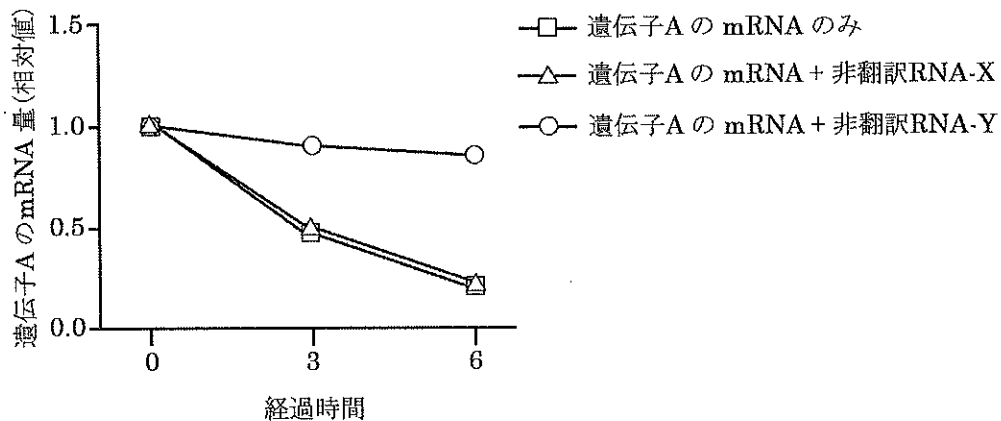


図 3 非翻訳 RNA 混和後の遺伝子 A の mRNA 量

問1 未分化細胞が角化細胞に分化する過程でどのようなことが起こるか。最も適切なものを以下の(あ)～(か)より2つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 遺伝子 A の転写が促進される。
- (い) 遺伝子 A の転写が抑制される。
- (う) 調節タンパク質 A が非翻訳 RNA-X と結合する。
- (え) 調節タンパク質 A が非翻訳 RNA-Y と結合する。
- (お) 調節タンパク質 A によりケラチン遺伝子が発現するようになる。
- (か) 調節タンパク質 A によりケラチン遺伝子が発現しなくなる。

問2 非翻訳 RNA-X と非翻訳 RNA-Y は、遺伝子 A の発現をそれぞれどのように制御しているか。最も適切なものを以下の(あ)～(か)より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。同じ記号を用いてもよい。

- (あ) 遺伝子 A の転写を促進する。
- (い) 遺伝子 A の転写を抑制する。
- (う) 遺伝子 A の mRNA の分解を促進する。
- (え) 遺伝子 A の mRNA の分解を抑制する。
- (お) 調節タンパク質 A の分解を促進する。
- (か) 調節タンパク質 A の分解を抑制する。

問3 非翻訳 RNA-Y の領域 1～4 のうち、配列 A' を含む領域はどれか。最も適切なものを以下の(あ)～(か)より1つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 領域 1 (い) 領域 2 (う) 領域 3 (え) 領域 4
- (お) 領域 1 と領域 2 と領域 3 (か) 領域 2 と領域 3 と領域 4

問4 図2のRNA-Y2~Y6のいずれかと遺伝子AのmRNAを混和し、実験8と同じ実験を行った。RNA-Y2あるいはRNA-Y3を用いた場合は下図の折線P、RNA-Y4を用いた場合は折線Qという結果を得た。RNA-Y5あるいはRNA-Y6を用いた場合の結果を示すのは、折線P、Qのどちらか。それぞれ記号で答えよ。同じ記号を用いてもよい。また、それらの結果となった理由を説明せよ。

