

平成24年度
入学試験問題

理 科

物 理 (1頁~4頁)
化 学 (5頁~9頁)
生 物 (11頁~18頁) } から2科目選択

注意：答えはすべて解答用紙に記入しなさい。

生 物 (その1)

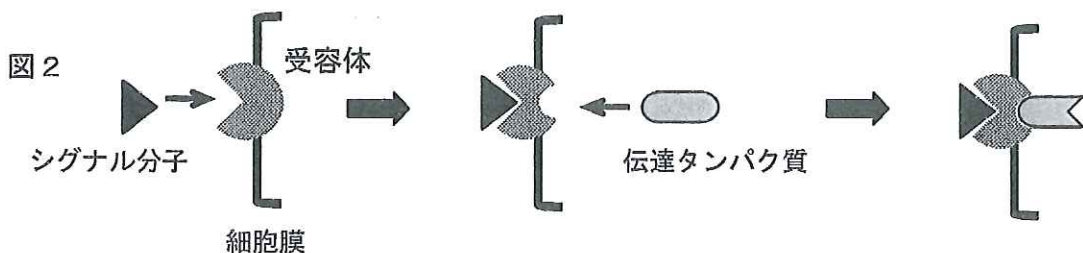
第1問 タンパク質に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

タンパク質は (ア) 種類の (1) アミノ酸が鎖状に結合したものであり、その配列がタンパク質ごとに決まっている。タンパク質の (2) アミノ酸配列を規定している設計図はDNA上にある。タンパク質の構造は、いくつかの階層に分けることができる。アミノ酸配列そのものを一次構造とよび、このアミノ酸配列によって決められる (3) 特徴的な構造を二次構造とよぶ。さらに二次構造がいくつか組み合わせられてできる全体的な構造を三次構造とよぶ。また、複数のタンパク質が集まって1つの機能的なタンパク質を形成する場合、この構造を (イ) とよぶ。タンパク質の構造には、システイン間の酸化によってつくられる (ウ) 結合のほか、構成するアミノ酸間の電荷の引き合いや、(4) アミノ酸の水に対する溶けやすさ (親水性) や溶けにくさ (疎水性) の違いなども関与している。

薬品、あるいは熱やpHの変化などで、タンパク質の機能が失われることを (エ) とよぶが、これはタンパク質の構造が変化することによる。アンフィンセンは、RNAを分解するリボヌクレアーゼの溶液に尿素を加えることで、リボヌクレアーゼの活性が失われることを示した。しかし、(5) 透析により尿素を除くと、リボヌクレアーゼの活性が元に戻ることを見つけ、条件によってはタンパク質の構造変化が可逆的であることを明らかにした (図1)。

タンパク質は、生体内の化学反応を触媒する (オ) として機能するもののほかにも、さまざまな生命現象に関わっている。(6) 皮膚や臓器などの構造を支える細胞外の繊維状タンパク質や、細胞膜で特定の物質の輸送に関与するタンパク質、さらに細胞外からのシグナルを細胞内に伝えるタンパク質もある。

それではシグナルはいったいどのようなしくみで細胞内に伝わっていくのだろうか。ホルモンなどのシグナル分子が細胞表面の受容体タンパク質に結合すると、受容体の構造の一部が変化する。すると、この変化した構造が細胞内の別の伝達タンパク質によって認識される (図2)。その伝達タンパク質自身も受容体タンパク質に結合したことにより構造変化を起こし、この変化がまた次のタンパク質に認識されていく。このような構造の変化のリレーが、細胞のシグナル伝達のしくみになっている。すなわち、タンパク質は複数の相手との結合部位をもっており、ある部位に標的物質が結合することで、別の結合部位の構造が微妙に変化して、次の標的物質が結合できるようになったり、逆にそれまでであった結合がはずれるようになったりするのである。(7) このような調節様式は (オ) でも使われている。



生 物 (その2)

問1 文中の (ア) ~ (オ) にあてはまる数字または適語を記せ。

問2 下線部(1)の結合は何とよばれるか。その名称を記せ。

問3 下線部(2)について、RNAに転写されるDNAの領域のことを遺伝子とよぶが、転写されたRNAからタンパク質がつくられない遺伝子の例を2つ記せ。

問4 下線部(3)について、代表的な二次構造を2つ記せ。

問5 下線部(4)について、水溶性タンパク質を構成しているアミノ酸の配置に関して、一般にどのようなことがいえるか。次の ① ~ ⑥ から適当なものをすべて選び、その番号を記せ。

- ① 親水性アミノ酸はタンパク質の内側に多く、水を保持している。
- ② 疎水性アミノ酸はタンパク質の内側に入り込みやすい。
- ③ 親水性アミノ酸はタンパク質の外側に多く、イオン化しているものもある。
- ④ 疎水性アミノ酸はタンパク質の外側に多く、表面張力を発揮する。
- ⑤ 親水性アミノ酸は加水分解されやすいので、タンパク質の内側に多い。
- ⑥ 疎水性アミノ酸同士は互いに反発し合い、離れて存在することが多い。

問6 下線部(5)の結果から、(エ) の状態でも変化しない構造はどれか。一次、二次、三次構造のうち、変化しない構造をすべてあげよ。

問7 下線部(6)のタンパク質としてどのようなものがあるか。主要なタンパク質を1つあげ、その名称を記せ。

問8 下線部(7)について、このような調節様式を何とよぶか。その名称を記せ。

問9 図2において、シグナル分子が結合した受容体は、このままだとシグナルを伝え続けることになる。シグナルを伝えた後、そのシグナルはどのようにして解除されると考えられるか。考えられる方法を40字程度で記せ。

生 物 (その3)

第2問 細胞分裂を扱った実験に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

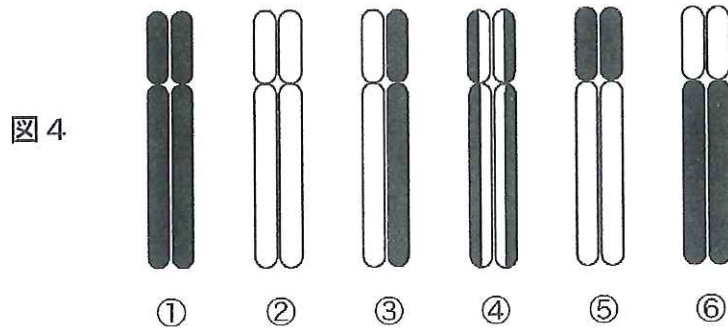
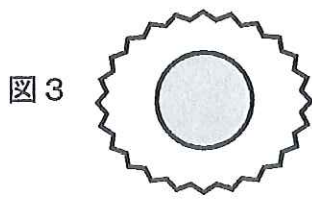
DNAはヌクレオチドが多数つながった2つの分子が、相補的な塩基同士で水素結合をした二重らせん構造をとっている。⁽¹⁾ DNAの二重らせんはタンパク質と複合体を形成し、これがさらに規則正しく折りたたまれて1本の染色体となる。ヒトの細胞の核の中には46本の染色体が存在している。細胞が分裂するのに先立ってDNAは倍加するが、その際に⁽²⁾ DNAの二重らせんはほどけて、それぞれの分子を鋳型として新しいDNA鎖の合成が行われる。DNAを構成しているヌクレオチドは、デオキシアデノシン、デオキシグアノシン、デオキシシチジン、デオキシチミジンの4種類のヌクレオチドにそれぞれリン酸が結合したものである。デオキシチミジンと構造がよく似ているブロモデオキシウリジン (BrdU) というヌクレオチドを細胞に与えると、DNA合成時にデオキシチミジンと間違えてBrdUがDNAに取り込まれる。そのようにして細胞を標識し、一定時間後、BrdUに対する特異的な染色を行うことで、DNA合成が行われた細胞を判別することができる。ヒトの神経細胞は、幼児期に増殖が停止した後は、再び分裂することはないと長い間考えられてきた。ところが、末期がんの患者の了解を得てBrdUの注射を行い、患者が亡くなった後、脳の組織を調べてみると、BrdUで標識された神経細胞が見つかった。この研究から、⁽³⁾ 脳の一部の組織では、成人になっても分裂を続ける神経細胞が存在していることが明らかになった。

このような標識方法を利用することによって、細胞周期の各期間の長さを算出することもできるようになった。一定周期で分裂をくり返しているヒトの培養細胞を用いて以下の実験を行った。この細胞の細胞周期は24時間であることがわかっている。

【実験1】 培養しているヒト細胞の培養液にBrdUを添加し、その1時間後にBrdUを含まない培養液と交換し、培養を続けた。BrdUを添加してから24時間後に細胞を固定し、培養皿にあった1,200個の細胞を観察したところ、50個が分裂期にあった。さらにBrdUの染色を行ったところ、300個の細胞でBrdUの染色が観察された。このうち間期の細胞では、図3のように核で染色が見られ、分裂期の細胞では、染色体にBrdUの染色を見ることができた。

【実験2】 実験1と同様に、最初の1時間だけBrdUの標識を行い、培養液を新しいものと交換した後、48時間後に細胞を固定し、BrdUの染色を行った。その結果、一部の細胞で染色が観察され、そのうち分裂期にある細胞では、染色体にBrdUの染色が確認された。

生 物 (その4)

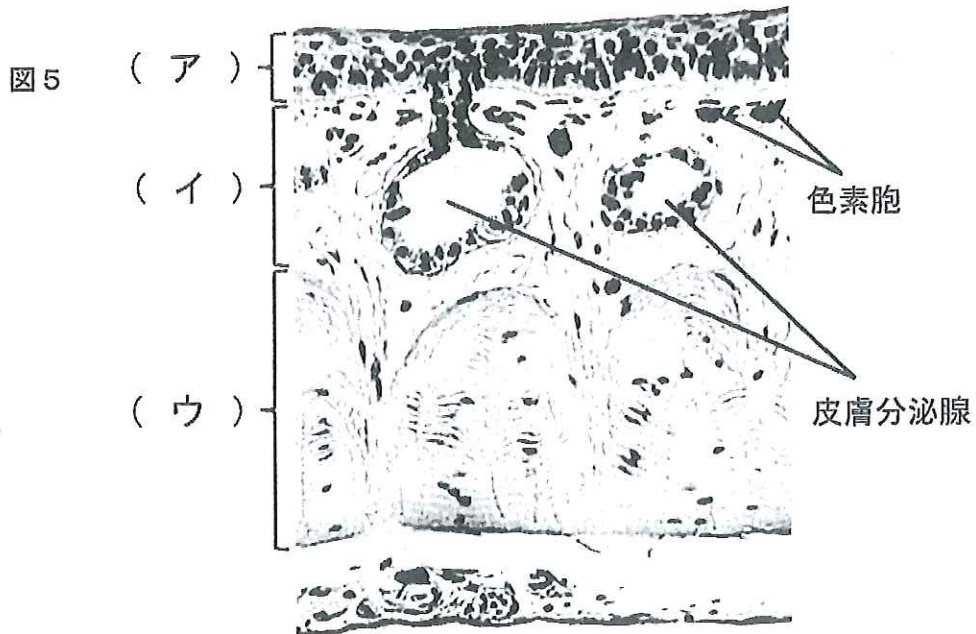


- 問1 下線部(1)について、DNAと結合して染色体を形成するタンパク質の名称を記せ。
- 問2 下線部(2)について、このようなやり方でDNAを倍加する合成の様式を何とよぶか。その名称を記せ。
- 問3 下線部(3)について、このように各組織にあってたえず分裂を続けている細胞を何とよぶか。その名称を記せ。
- 問4 実験1において、BrdUで標識された分裂期の染色体は、どのように観察されるか。図4の①～⑥の中からもっとも適当なものを1つ選び、その番号を記せ。ただし、BrdUが含まれていた部分が黒く染色されているものとする。
- 問5 実験1で、染色された細胞や染色体では、細胞ごとにBrdUの染色の強さに差が見られた。その理由を40字程度で記せ。
- 問6 実験1の結果から、この細胞株における i) DNA合成期と、ii) 細胞分裂期の長さはそれぞれ何時間と算出されるか。ただしDNA合成準備期の長さは、1時間以上あるものとせよ。
- 問7 実験2において、BrdUの染色が見られた細胞は、最初の1時間の標識の間にBrdUを取り込んだ細胞で、その後少なくとも2回の分裂を行ったものと考えられる。解答欄に描かれた2つの細胞は、2回目の分裂を終えたばかりの2つの娘細胞を示している。この2つの細胞はどのように染色されると予想されるか。図3にならってBrdU染色されている部分を塗りつぶせ。
- 問8 実験2において、BrdUの染色が観察された細胞の染色体の様子として、適当なものを図4の①～⑥の中からすべて選び、その番号を記せ。

生 物 (その5)

第3問 カエルツボカビ症に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。なお図5は、カエルの皮膚の構造を示したものであり、文中の記号は図中のものに対応する。

カエルツボカビが感染して発症するカエルツボカビ症は、世界的なカエル減少の原因とされている。カエルツボカビは、カエルなどの (1) 皮膚に含まれるタンパク質を分解して 生きている生物であり、水を介して他の両生類にも感染する。これまで、カエルツボカビ症を発症したカエルが死に至るのは、皮膚が侵されることによって、体内の浸透圧調節や (2) 皮膚呼吸が妨げられるため と考えられてきた。ところが最近の研究から、発症したカエルでは皮膚における電解質の輸送が阻害され、結果として心不全が引き起こされることが明らかにされた。そのようなカエルでは、(ア) の細胞での電解質輸送が50%以上も抑制され、(3) 血しょう中の Na^+ や K^+ 濃度が20~50%減っていることがわかった。その結果、こうした異常から (4) 心拍が遅くなり、心停止も引き起こされた。また、(5) 発症したカエルに電解質溶液を飲ませると、飲ませない場合より生存期間をのばすことができた。

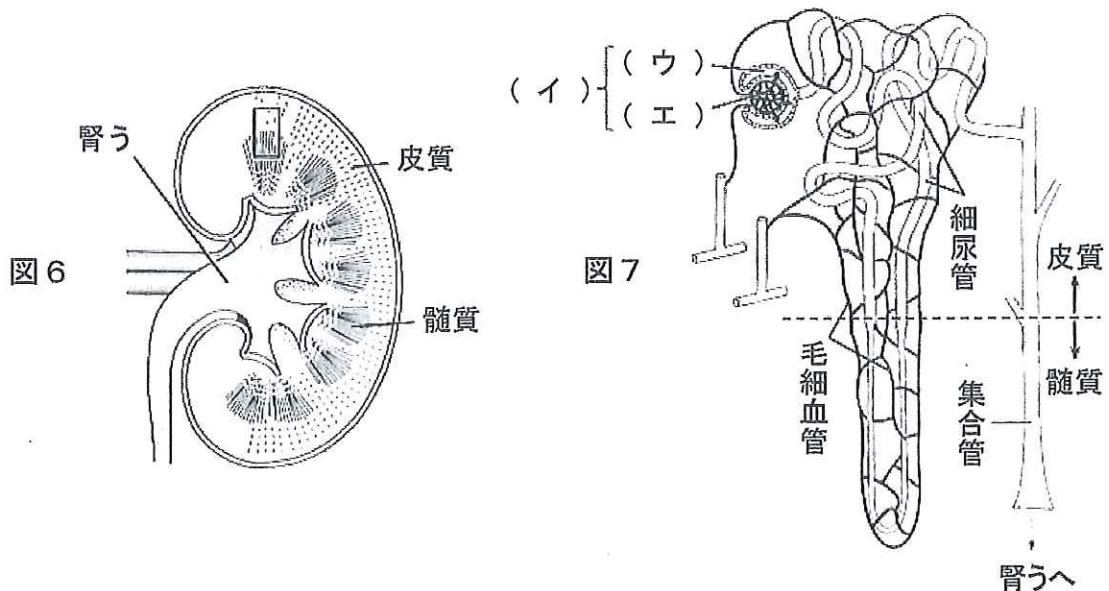


生 物 (その6)

- 問1 図中の (ア) ~ (ウ) に適する組織名を記せ。
- 問2 下線部(1)について、このタンパク質の名称を記せ。ただし、このタンパク質は脊椎動物の爪の成分としても知られている。
- 問3 カエルツボカビは次の分類の中でどこに属するか。各分類の中から適当なものをそれぞれ1つずつ選び、その番号を記せ。
- 分類1: ① ウイルス ② 原核生物 ③ 真核生物
分類2: ④ 原生生物界 ⑤ 植物界 ⑥ 菌界
分類3: ⑦ 真正細菌 ⑧ 真菌 ⑨ 粘菌
- 問4 下線部(2)について、両生類にとって皮膚呼吸は重要である。カエルではどのようにして皮膚でガス交換を行っていると考えられるか。40字程度で記せ。
- 問5 下線部(3)について、カエルの血しょうの Na^+ 濃度が50%減少すると、心臓の活動電位はどのように変化すると考えられるか。解答欄には、正常なカエル心臓の活動電位の波形が示されているので、それを参考にしてその上に太い実線で描け。
- 問6 下線部(4)について、カエルでは心拍が遅くなるとどうして心停止に至るのか。その理由を40字程度で記せ。
- 問7 心臓の興奮を引き起こすきっかけをつくっている細胞の集まりを何とよぶか。その名称を記せ。
- 問8 下線部(5)について、電解質はすみやかに体内に吸収される。この場合、電解質は主にどこのどのような細胞から吸収されるか。その名称を記せ。

生 物 (その7)

第4問 ヒトの腎臓に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。ただし、文中の記号はそれぞれ図中の記号に対応している。なお、図6はヒトの腎臓の断面を示し、図7は図6の□の部分拡大したものである。



腎臓は尿をつくることで老廃物の排出を行うとともに、体液の浸透圧を調節する上でも重要なはたらきをしている。体液の浸透圧が低下すると、腎臓は塩濃度の低い尿を大量に出すことによって、体液の浸透圧を上げるようにはたらく。一方、体液の浸透圧が高くなったときには、腎臓はさらに塩濃度の高い尿を排出して水分の減少を抑える。腎臓はいったいどのようにして、塩濃度が体液と異なる尿をつくり出すことができるのだろうか。

ヒトの腎臓は、図7に描かれている(ア)とよばれるユニットが100万個ほど集まってできている。(ア)は(イ)と細尿管(尿細管あるいは腎細管ともよぶ)からなり、(イ)はさらに、(ウ)と(エ)からできている。腎臓に入った血液が、毛細血管からなる(エ)を通る際に、血球と(オ)を除く大部分の成分が(ウ)へろ過される。

(1) ろ過されたものを原尿という。その後、(2) 老廃物を除く原尿のほとんどの成分が細尿管で再吸収されるが、このうち水と塩では再吸収の起こる部位が異なっている。図7に見られるように、再吸収が起こる過程で細尿管は腎臓の皮質と髄質を行き来している。髄質へ向かう細尿管と皮質へ向かう細尿管ではそのはたらきが異なっている。(3) 塩の再吸収は細尿管が髄質から皮質に向かう過程で起こる。塩が細尿管の中から外へくみ出されることによって、細尿管の内外に浸透圧の差ができるが、水の再吸収はこの浸透圧の差を利用して行われている。(4) 細尿管が皮質から髄質へ向かう過程で徐々に水の再吸収が起こるので、原尿は髄質へ向かうほど浸透圧が高くなっていく。次に細尿管が髄質から皮質に向かう過程で徐々に塩の再吸収が起こるので、逆に原尿は皮質へ向かうほど浸透圧が低くなっていく。このようにして、腎臓の浸透圧は髄質が高く、皮質で低い、という勾配ができあがる。(5) 最終的に集合管は浸透圧の高い髄質を通るので、このときに集合管からの再吸収を調節することによって、さまざまな浸透圧の尿を排出することができる。

生 物 (その8)

体内の水分が不足しているときには、(カ)から分泌される(キ)のはたらきで、集合管からさらに水が再吸収され、浸透圧の高い尿が排出される。逆に、体液の浸透圧が低いときには、(ク)から分泌される(ケ)のはたらきで、集合管からさらに塩の再吸収が起こり、体液の浸透圧を下げないようにしている。

問1 文中の(ア)～(ケ)にあてはまる適語を記せ。

問2 下線部(1)について、ヒトの成人で1日あたりにつくられる原尿の量はどれくらいか。次の①～⑥の中からもっとも適当なものを1つ選び、その番号を記せ。

- ① 0.5 ℓ ② 1.5 ℓ ③ 5 ℓ ④ 15 ℓ ⑤ 50 ℓ ⑥ 150 ℓ

問3 下線部(2)について、細尿管ではほぼ完全に再吸収される物質を2つあげ、その名称を記せ。

問4 下線部(3)について、塩の再吸収は能動輸送によって行われている。

- i) 細尿管の上皮細胞で、塩の再吸収に用いられている膜タンパク質の名称を1つ記せ。
- ii) そのタンパク質では、どのようなエネルギー物質が使われているか、その名称を記せ。
- iii) そのエネルギー物質をつくり出すために、細尿管の上皮細胞では、ある細胞小器官が非常に発達している。その細胞小器官の名称を記せ。

問5 下線部(4)について、水を効率的に再吸収するために、細尿管の上皮細胞の細胞表面では、ある特徴的な構造が発達している。その名称を記せ。

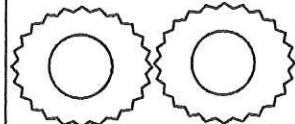
問6 下線部(5)について、もし水が細胞膜を自由に行き来できるとすると、集合管が髄質を通過する過程で尿の浸透圧はいつでも高くなってしまふ。集合管で尿の浸透圧を調節できるようにするために、細胞膜には水を通すための特別なタンパク質(チャンネル)が存在している。

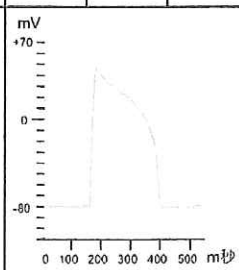
- i) このタンパク質の名称を記せ。
- ii) 浸透圧の低い尿を排出するために、集合管の上皮細胞にはどのようなしくみがあると考えられるか。i)で答えたタンパク質がホルモンの作用により細胞内でどのようにふるまうか予想して、そのしくみを40字程度で記せ。

Blank box for the candidate number.

生物 解答用紙

第1問	問1	ア	イ	ウ	エ	オ
	問2	問3				
	問4	問5		問6		
	問7	問8				
	問9					

第2問	問1	問2	問3	問4		
	問5				問7	
	問6	i) 時間	ii) 時間	問8		

第3問	問1	ア	イ	ウ	問2	問3	
	問4					問5	
	問6						
	問7	問8					

第4問	問1	ア	イ	ウ	エ	オ
	問2	カ	キ	ク	ケ	
	問4	ii)	iii)		問5	i)
	問6	i)	ii)			