

理 科

〔「物理基礎・物理」「化学基礎・化学」「生物基礎・生物」〕

(時間：2 出題科目で 120 分)

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 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
「物理基礎・物理」	1～3	左の3出題科目のうちから、あらかじめ届け出た2出題科目について解答しなさい。
「化学基礎・化学」	4～6	
「生物基礎・生物」	7～9	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

生物基礎・生物

〔1〕 次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

生体内においてカルシウム(Ca)は、神経細胞間の興奮の伝達や、筋収縮の調節および血液凝固の調節など多様な役割を担っている。そのため、血しょう中のカルシウムイオン(Ca²⁺)濃度は、ホルモンによる負のフィードバックによって調節を受け、ほぼ一定に保たれている。ヒトの場合には、血しょう中のCa²⁺濃度変化に伴い、**ア**からホルモンである**イ**が、また甲状腺からホルモンであるカルシトニンが分泌される。**イ**は、標的器官の一つである腎臓に働きかけ、Ca²⁺の排出を調節することで恒常性を保っている。

問1 文中の**ア**と**イ**に適切な語句を記せ。

問2 下線部①について、シナプスで興奮が伝達される仕組みとして、正しい選択肢をすべて選べ。

1. 軸索末端部の電位依存性カルシウムチャンネルが開き、Ca²⁺が細胞内に流入する
2. シナプス小胞に蓄えられたアセチルコリンなどの神経伝達物質がチャンネルを通じて分泌される
3. シナプス前細胞に存在する神経伝達物質依存性イオンチャンネルが開くことで、シナプス後電位が発生する
4. 伝達に使われた神経伝達物質は、もとのニューロンに回収されたり、酵素によって速やかに分解される

問3 下線部②について、骨格筋の収縮に関与するCa²⁺結合タンパク質の名称を答えよ。また、骨格筋の筋収縮機構を以下の語句をすべて用いて説明せよ。語句：Ca²⁺、ATP、アクチン

問4 下線部③について、血液検査などで用いられる、Ca²⁺を除去することで血液凝固を防止する物質の名称を答えよ。また、血液が凝固するときに生じる繊維状のタンパク質の名称を答えよ。

問5 下線部④について、健康なヒトにイヌリンを静脈注射し、その後、血しょう・原尿・尿の成分を調べる実験を行った(表)。なお、イヌリンは、植物が作る多糖類の一種で、ヒトの体内では利用されない物質であり、すべて腎臓でろ過され、再吸収されずに尿中へ排出される。尿の生成量は1 mL/分、血しょう、原尿、尿の密度はすべて1 g/mLと仮定せよ。計算結果はすべて有効数字2桁で示すこと。

(1) 表より、1日当たりの原尿と尿の量(mL)を求めよ。 表

(2) 表より、1日当たり尿中に失われるCa²⁺量(mg)を求めよ。

(3) 表より、再吸収率が最も低いイオンはどれか、再吸収率(%)の値とともに答えよ。

(4) 血しょう中のCa²⁺濃度が減少した場合、**イ**は腎臓にどのような作用を及ぼすと考えられるか、説明せよ。

成分	血しょう	原尿	尿
ナトリウムイオン	300	300	340
カリウムイオン	20	20	150
カルシウムイオン	9	9	18
イヌリン	10	10	1200

(単位：mg/100 mL)

問6 **イ**とカルシトニンは、骨に対して働きかけ、Ca²⁺の遊離を制御する(図1)。また、血しょう中のCa²⁺濃度変化に伴い、**イ**とカルシトニンの分泌は調節を受ける(図2)。健康なヒトの血しょう中のCa²⁺濃度を9 mg/100 mLとすると、(i)血しょう中のCa²⁺濃度が6 mg/100 mLに減少した場合、(ii)血しょう中のCa²⁺濃度が13 mg/100 mLに増加した場合、**イ**とカルシトニンは骨にどのような作用を及ぼすと考えられるか、図1、2をもとに、**イ**とカルシトニンの濃度、細胞X、Yの働きも含めてそれぞれ説明せよ。

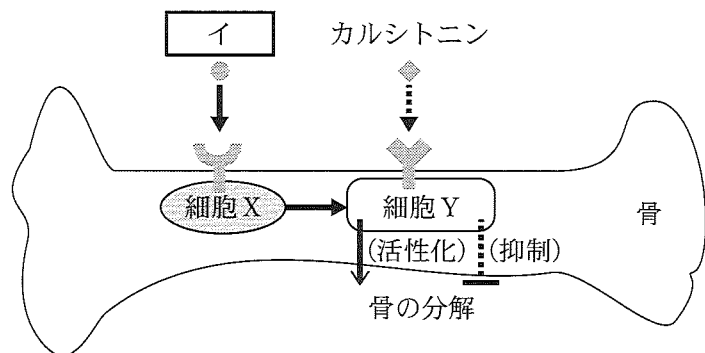


図1：骨の分解における**イ**とカルシトニンの作用
イとカルシトニンの情報伝達経路をそれぞれ実線(—)と破線(-----)で示す。

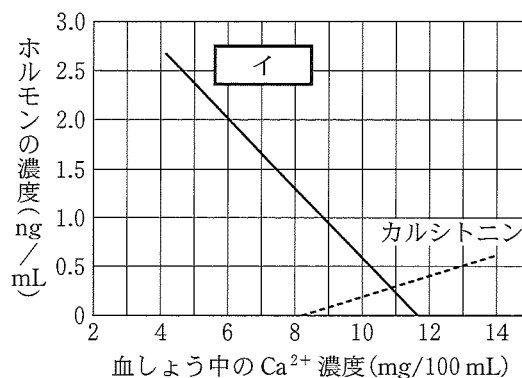


図2：血しょう中のCa²⁺濃度と**イ**およびカルシトニンの濃度の関係
イとカルシトニンの分泌をそれぞれ実線(—)と破線(-----)で示す。

〔2〕 次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

哺乳類の乳汁にはラクトース(乳糖)が多く含まれており、乳児にとって重要な栄養源となっている。乳児が母乳を摂取すると、二糖類のラクトースは **ア** に含まれるアミラーゼでは分解されないため、小腸にそのまま達する。ラクトースは小腸 **イ** に存在するラクターゼによって分解され、グルコースと **ウ** になる。これらの単糖類は細胞膜上の **エ** タンパク質により上皮細胞に取り込まれる。一般にラクターゼの活性は哺乳期には高く、離乳期になると急激に活性が低下する。ヒトにおいても、成人が大量のラクトースを摂取すると、消化できずに下痢や腹痛、腹部膨満など、さまざまな症状が現れることがある。これは乳糖不耐症と呼ばれ、アジア系の人種では成人の90%から100%が乳糖不耐症であると言われている。実際は、乳糖不耐の人であっても、ある程度の量までであればラクトースを摂取しても症状が出ないことが多い。これには大腸に存在する細菌が関与していると考えられている。大腸にはさまざまな腸内細菌が存在しており、細菌によってラクトースはグルコースと **ウ** に分解され、さらに両者の代謝が進んで水素やメタンなどのガスおよび多種の有機酸が作られる。このうち水素ガスは血中から肺に移動して排出されるため、呼気中の水素ガス濃度を測定することで、腸内細菌による糖類の代謝量を知ることができる。

問1 文中の **ア** ～ **エ** に適切な語句を記せ。

問2 大腸菌はグルコースがなくラクトースが含まれる環境に置かれると、速やかにラクトースの代謝に働く酵素を発現する。このとき、ラクトースに由来する物質と結合する調節タンパク質を一般に何と呼ぶか。また、この調節タンパク質が結合する大腸菌のDNA領域を何と呼ぶか。それぞれの名称を答えよ。

問3 下線部について、ラクトースが分解されずに大量に大腸に達すると下痢を引き起こすことがある。その原因について最も適当なものを次の1～5のうちから一つ選べ。

1. ラクトースが交感神経を刺激するから
2. ラクトースにより糖質コルチコイドが大量に分泌されたから
3. ラクトースにより大腸管内の浸透圧が高くなったから
4. ラクトースの代謝により大腸管内が好氣的になったから
5. ラクトースの発酵によりガスが大量に生じたから

問4 人体内におけるラクトースの代謝に関して、次の実験を行った。

実験1 乳糖不耐症の成人に対し、グルコース、ラクトースまたはラクチトール*を一定量経口投与した。投与後、30分毎に血液中のグルコース濃度(血糖濃度)を測定しグラフ化した(図1)。

実験2 実験1の成人に対し、グルコース、ラクトースまたはラクチトールを一定量経口投与した。投与後、30分毎に呼気中の水素ガス濃度を測定しグラフ化した(図2)。

*人工的に合成された二糖類で、ヒトの消化酵素によって全く消化されない。

なお、実験1、2いずれの場合も、ラクトース投与後に乳糖不耐の症状はでなかった。

(1) グルコースを15g投与したときに、生じた現象について述べた以下の文章の空欄 **A** ～ **C** を埋めよ。なお空欄 **C** には(受けた・受けなかった・受けたか否かわからない)のいずれかを選べ。

「図1より、グルコース15gを投与して30分後、小腸でグルコースが吸収されて血糖濃度が上昇している。このとき、ホルモンである **A** の血中濃度は上昇し、同じくホルモンの **B** の血中濃度は低下したと考えられる。また、図2より、グルコースは大腸において細菌による代謝を **C** と考えられる」

(2) 実験1および実験2のラクチトールの結果から、ラクチトールはどこで、どのように代謝されたと考えられるか、理由とともに述べよ。

(3) 実験1および実験2の結果から、ラクトースはどこで、どのように代謝されたと考えられるか、理由とともに述べよ。なお、ラクトース30gが完全にグルコースと **ウ** に分解された場合、両者は各々15gずつ生じ、またラクトースとラクチトールは、腸内細菌による代謝で等量の水素ガスを発生すると仮定せよ。ただし生体内の **ウ** の代謝については考慮しなくてよい。

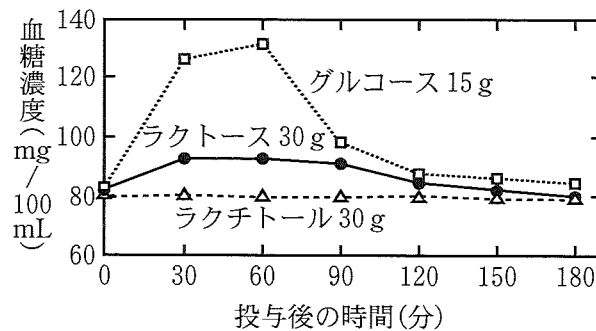


図1

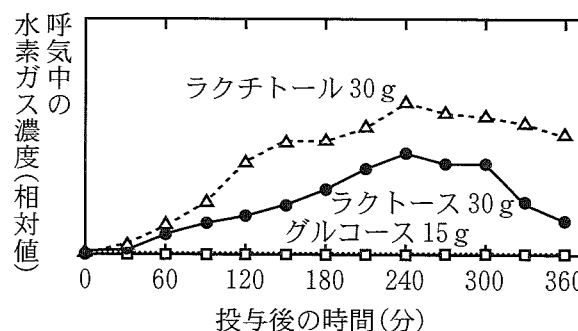


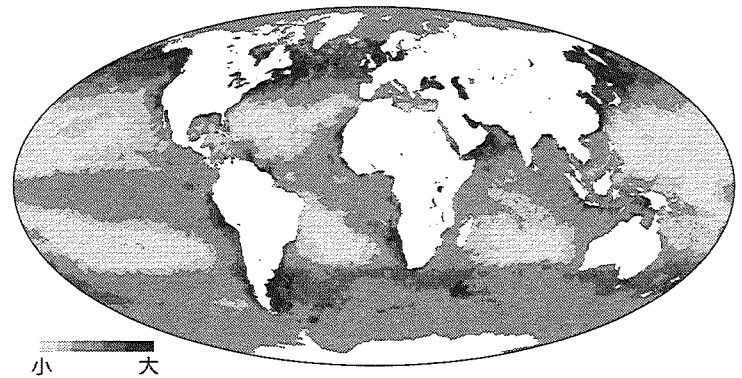
図2

〔3〕 次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

地球上には様々なバイオームがある。陸上には森林や草原、耕作地などがあり、バイオームによって純生産量(以下、純生産量と記した場合、単位面積あたりの純生産量を示す)が異なる(表)。同じ森林でも平均気温の(高い・低い)方が純生産量は大きい。表に示された純生産量は生産者の代謝過程である **ア** によって生産された有機物の総量、すなわち **イ** から生産者自身の **ウ** を差し引いたものである。生産者の現存量が大きいほど **ウ** は大きく、気温が高いほど **ウ** は大きい。このため同じ森林でも例えば熱帯雨林と夏緑樹林を比較すると、純生産量の差は $0.8 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ であるが、両者の **イ** の差はこれよりも(小さく・大きく)なる。海洋での生産力を担うのはおもに **エ** である。海洋の単位面積あたりの現存量は陸域と比べて著しく小さいため、海洋では **イ** の(大部分・ごく一部)が純生産量になる。グローバルな海洋の純生産量は衛星観測で得られる海洋表層の **オ** 量で評価できる。なお、**オ** は **ア** に必要な物質であり、**オ** 量は海域で大きく異なる(図)。

表：地球上のおもなバイオームまたは生態系の面積、現存量および純生産量

区分	地球上の総面積 (10^6 km^2)	単位面積あたりの現存量 (kg/m^2)	単位面積あたりの純生産量 ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$)	
陸域	熱帯雨林	17	44.4	2.1
	熱帯季節林	7.5	35.6	1.6
	照葉樹林	5	35.6	1.4
	夏緑樹林	7	30.2	1.3
	針葉樹林	12	20.0	0.6
	疎林	8.5	5.8	0.6
	草原	24	3.1	0.8
	荒原	50	0.4	0.1
	湿地	2	15	2
	耕作地	14	1	0.65
陸域全体	147	12.5	0.76	
海洋	浅海域	29	0.1	0.47
	外洋域	332	0.003	0.13
	海洋全体	361	0.011	0.16



図：衛星観測による海洋表層の **オ** の分布

問1 文中の **ア** ～ **オ** に適切な語句を記せ。

問2 下線部A～Cについて、2つの語句からそれぞれ適切なものを選び。

問3 福島県の大部分を占めるバイオームまたは生態系を表の区分の中から選び、その森林を構成する代表的な樹種の名称を答えよ。

問4 以下の1～6の文章について、表および図から読み取れることとして正しいものには○、間違っているものには×を解答欄に記入し、間違っている場合はその理由を示せ。

- 熱帯雨林と草原を比べると、現存量あたりの純生産量は草原の方が大きい。
- 湿地の純生産量は森林の平均的な純生産量よりも大きい。
- 耕作地の面積は照葉樹林と夏緑樹林を合わせた面積に匹敵し、地球全体での純生産量も照葉樹林と夏緑樹林の合計とほぼ同じである。
- 浅海域は外洋域の約1割の面積しかないが、純生産量が大きいため、水域全体を合計した純生産量の半分を占める。
- 陸域には植物がたくさん生えているのに対して、水域には植物が少ないため、地球全体の純生産量は陸域の方が5倍以上大きい。
- 海洋では海水温の高い海域で純生産量が大きい。

問5 湧昇流域など表層と深層の水の入れ替わりの多い地域で純生産量が大きくなる理由を述べよ。

問6 南半球に生息するヒゲクジラ類の多くは、夏(北半球の冬)に南極海に集まり、冬に低緯度に移動する。この理由を利用可能な餌および食物連鎖の観点から考察し、簡潔に述べよ。

