

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 30～20 億年前の地球において、大量の酸素を発生させたと考えられている生物として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

- ① アゾトバクター ② 化学合成細菌 ③ 嫌気性細菌
④ 好気性細菌 ⑤ シアノバクテリア

問 2 以下の図は生物の分類の階層を表し、①～⑥には「科」, 「界」, 「綱」, 「属」, 「目」, 「門」のいずれかが当てはまる。哺乳類や鳥類という分類はどの階層に当てはまるか、適切なものを①～⑥から1つ選べ。

問 3 動物の体細胞分裂中期の特徴として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

- ① 核膜が出現する。
② 核膜が消失する。
③ 細胞がくびれる。
④ 核内の DNA が複製される。
⑤ 赤道面に染色体が配置される。

問 4 腸の上皮組織において、上皮組織の外側から内側にさまざまな分子が入り込むことを防いでいる細胞同士の結合はどれか、最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

- ① ギャップ結合 ② 固定結合 ③ 接着結合
④ デスモソーム ⑤ 密着結合

問 5 ①～⑤に示した人類を出現した順に並べた時、3番目に出現したものはどれか、最も適切なものを選べ。

- ① アウストラロピテクス・アファレンシス
② ホモ・エレクトス
③ ホモ・サピエンス
④ ホモ・ネアンデルターレンシス
⑤ ホモ・ハイデルベルゲンシス

問 6 被子植物において、胚のう母細胞とまったく同じ遺伝情報を持つ細胞として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。ただし、変異や乗換えは起きないものとする。 カ

- ① 珠皮の細胞
- ② 助細胞
- ③ 中央細胞
- ④ 胚乳細胞
- ⑤ 反足細胞

問 7 ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つための条件として不適切なものを①～⑤から1つ選べ。 キ

- ① 突然変異が起こる。
- ② 自由な交配で有性生殖をする。
- ③ 注目する形質に自然選択が働いていない。
- ④ 他の集団との間で遺伝子の流入・流出がない。
- ⑤ 集団の大きさが十分に大きく、遺伝的浮動の影響を無視できる。

問 8 ヒトの脊髄において、背根を通っている神経と腹根を通っている神経はどれか、最も適切な組み合わせを①～⑥から1つ選べ。 ク

- ① 背根：運動神経と交感神経 腹根：感覚神経
- ② 背根：感覚神経と交感神経 腹根：運動神経
- ③ 背根：運動神経と感覚神経 腹根：交感神経
- ④ 背根：運動神経 腹根：感覚神経と交感神経
- ⑤ 背根：感覚神経 腹根：運動神経と交感神経
- ⑥ 背根：交感神経 腹根：運動神経と感覚神経

問 9 生態系に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。 ケ

- ① 生態系の中で食物連鎖の頂点に立つ種をキーストーン種という。
- ② 湖や海の富栄養化により赤潮やアオコが発生することを自然浄化という。
- ③ 個体群密度の上昇が個体群の成長に促進的に働く現象をアリー効果という。
- ④ 海洋や湖沼において植物プランクトンの光合成量と動物プランクトンの呼吸量が釣り合う深度を補償深度という。

問10 動物の発生に関する記述として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

コ

- ① ウニでは中胚葉は形成されない。
- ② カエルでは母性因子が胚の発生に影響を与える。
- ③ 脊椎動物の脊椎骨は、初期発生の過程で形成される脊索から分化する。
- ④ 哺乳類では、未分化な細胞がゲノムの一部を失った結果、表皮や筋肉など異なる細胞に分化する。
- ⑤ シュペーマンらが行ったような両生類における原口背唇部の移植によって生じる二次胚は、主に移植片の細胞によって構成される。

問11 サトウキビやトウモロコシなどの植物はC₄植物と呼ばれている。C₄植物に関する説明として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

サ

- ① C₄植物は、カルビン・ベンソン回路を用いずに炭酸同化を行う。
- ② C₄植物は、CO₂とC₅化合物からホスホグリセリン酸をつくれない。
- ③ C₄植物は、維管束鞘細胞でCO₂とC₃化合物からC₄化合物をつくる。
- ④ C₄植物は、葉肉細胞内のCO₂濃度が低下した状態でも二酸化炭素を効率よく固定する。

Windom

II 以下の問いに答えよ。

問 1 窒素には ^{14}N と、それよりも質量の大きい同位体 ^{15}N が存在する。 ^{14}N のみを窒素源として含む培地(培地 A)と ^{15}N のみを窒素源として含む培地(培地 B)を用いて、下記の 2 つの条件で大腸菌の培養を行った。ただし、これらの培地の組成は窒素以外全て同じである。

- (1) 培地 A で何世代にもわたり培養した大腸菌を、培地 B に移した。培地 B で 4 回の DNA 複製を行なった大腸菌から DNA を抽出し、密度勾配遠心法で DNA を比重によって分離した。この時、 ^{14}N のみで構成される軽い DNA、 ^{14}N と ^{15}N で構成される中間の重さの DNA、 ^{15}N のみで構成される重い DNA の比率はどのようになるか、下記の ~ に当てはまる最も適切な値を①~⑨からそれぞれ 1 つ選べ。

$$[^{14}\text{N のみ}] : [^{14}\text{N と } ^{15}\text{N}] : [^{15}\text{N のみ}] = \text{ア} : \text{イ} : \text{ウ}$$

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4
⑥ 5 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 15

- (2) 培地 A で何世代にもわたり培養した大腸菌を、培地 B に移した。培地 B で 2 回の DNA 複製を行なった大腸菌を、再び培地 A に移した。培地 A で新たに 2 回の DNA 複製を行なった大腸菌から DNA を抽出し、密度勾配遠心法で DNA を比重によって分離した。この時、 ^{14}N のみで構成される軽い DNA、 ^{14}N と ^{15}N で構成される中間の重さの DNA、 ^{15}N のみで構成される重い DNA の比率はどのようになるか、下記の ~ に当てはまる最も適切な値を①~⑨からそれぞれ 1 つ選べ。

$$[^{14}\text{N のみ}] : [^{14}\text{N と } ^{15}\text{N}] : [^{15}\text{N のみ}] = \text{エ} : \text{オ} : \text{カ}$$

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4
⑥ 5 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 15

問 2 植物 X と植物 Y に、それぞれいろいろな強さの光を当て続けた。図 1 は、この時の光の強さと葉の単位面積あたりの二酸化炭素の吸収速度の関係を表したものである。ただし、実験中は温度(20℃)と CO₂ 濃度(0.04%)の変化はないものとする。

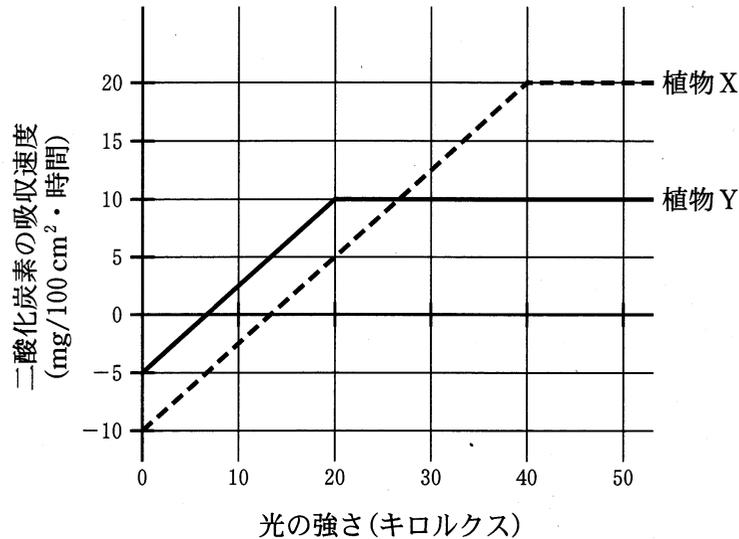


図 1

(1) 植物 X と植物 Y の光合成速度が等しい光の強さを以下の①~⑤から 全て 選べ。

- ① 10 キロルクス ② 20 キロルクス ③ 30 キロルクス
 ④ 40 キロルクス ⑤ 50 キロルクス

(2) 植物 X に 50 キロルクスの光を 6 時間照射した時、植物 X の 200 cm² の大きさの葉が 同化する グルコースの量は何 mg か、小数点第 2 位を四捨五入した値で答えよ。ただし、実験中は温度(20℃)と CO₂ 濃度(0.04%)の変化はないものとし、原子量は H = 1, C = 12, O = 16 とする。例えば、

値が 12.34 mg の場合は、 . とせよ。
 . mg

(3) 植物 Y に 20 キロルクスの光を 4 時間照射したのち、植物 Y を暗闇(0ルクス)に 4 時間おいた。この時、植物 Y の 100 cm² の大きさの葉は、この 8 時間の間にグルコースの量を何 mg 増加させたか、小数点第 2 位を四捨五入した値で答えよ。ただし、葉と他の部位との間でグルコースの移動はないものとする。また、実験中は温度(20℃)と CO₂ 濃度(0.04%)の変化はないものとし、原子量は H = 1, C = 12, O = 16 とする。例えば、値が 12.34 mg の場合は、

. とせよ。
 . mg

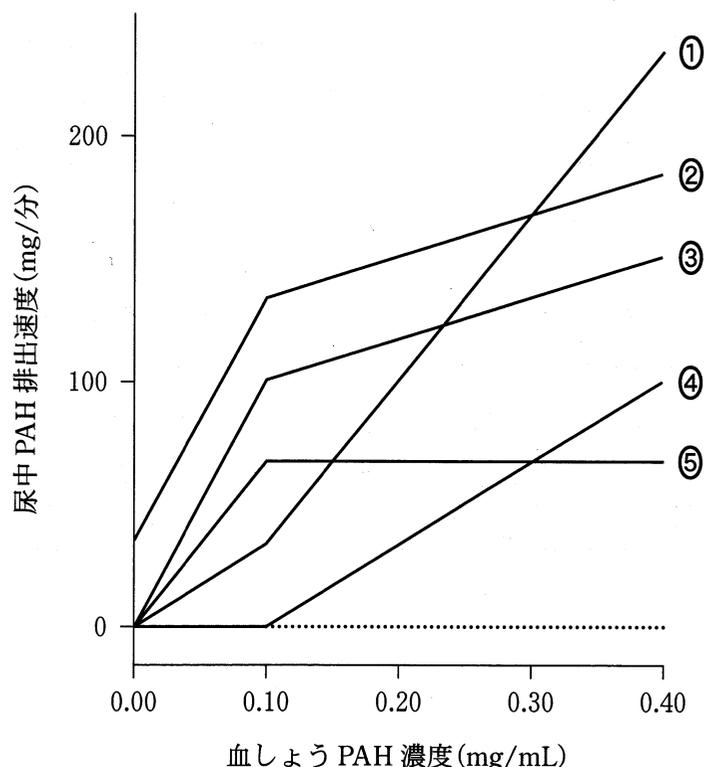
Ⅲ 以下の問いに答えよ。

問 1 腎臓に流入した血液は糸球体に送られ、そこでタンパク質を除く血しょうの約 20 % がろ過されて原尿となる。残りの 80 % はろ過されずに細尿管周囲の毛細血管へと進む。パラアミノ馬尿酸 (PAH) は腎臓の糸球体でろ過される。また、PAH がろ過されずに細尿管周囲の毛細血管に達した場合、血しょうから能動的に細尿管内に輸送されて尿中に排出される。血しょう中の PAH 濃度が低い時 (0.10 mg/mL 以下)、PAH の細尿管への能動輸送の速度は血しょう中の PAH 濃度に比例して増加し、腎臓に流入した PAH の 90 % が尿中に排出される。しかしながら、輸送速度は血しょう中の PAH 濃度が 0.10 mg/mL の時に最大となり、血しょう中の PAH 濃度がこれ以上高くなっても輸送速度は増加しない。

- (1) 健康なヒトの静脈に PAH を継続的に注射し、血しょう中の PAH の濃度が一定となった後に血しょう中および尿中の PAH 濃度を測定した。この結果、血しょう中の濃度は 0.02 mg/mL、尿中の濃度が 13.80 mg/mL であった。尿の生成速度が 0.9 mL/分、血液中に占める血球の体積の割合が 45 % であった時、1 分あたりに腎臓に流入する血液量は何 mL か答えよ。小数点第 1 位を四捨五入した値で答えよ。例えば、答えが 123.4 mL の場合は

とせよ。
 mL

- (2) 血しょう中の PAH 濃度を変化させた時に、尿中への PAH の排出速度はどのように変化するか、最も適切なものを図の①～⑤から 1 つ選べ。



問 2 ラットのグルコース輸送体 Y は細尿管の上皮細胞のみに局在し、原尿中のグルコースの再吸収を担う。この輸送体は、Na イオンの濃度勾配に従って Na イオンとグルコースを同時に同方向に輸送する。

グルコース輸送体 Y の性質を調べるために、カエルの卵母細胞の細胞膜にグルコース輸送体 Y を発現させた。この卵母細胞を様々な濃度のグルコースと十分量の Na イオンを含む溶液に浸し、卵母細胞内に取り込まれたグルコースの量から取り込み初速度を算出した。その結果、グルコース濃度と取り込み初速度の関係は図 1 のようになった。

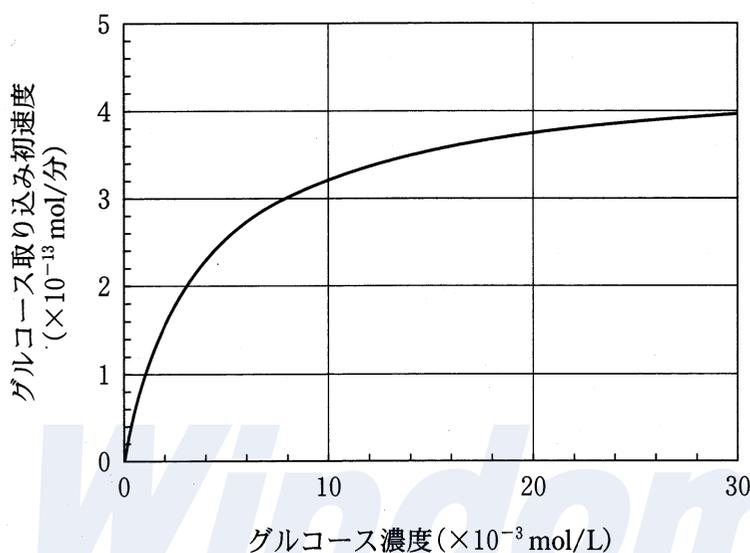


図 1

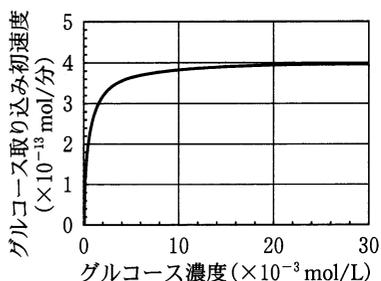
一般にグルコース輸送体におけるグルコース濃度と取り込み初速度の関係は、酵素反応における基質濃度と反応初速度の関係と同様に考えることができる。取り込み初速度の最大値を V_{\max} 、取り込み初速度が V_{\max} の半分となる時のグルコース濃度を K_m とする時、以下の問いに答えよ。

- (1) グルコース輸送体 Y は Na イオン 1 つを輸送すると同時にグルコース 1 分子を輸送する。グルコース輸送体 Y が 1 g のグルコースを輸送するとき、同時に輸送される Na イオンは何 g の NaCl から得られるか。小数点第 3 位を四捨五入した値で答えよ。ただし原子量は H = 1, C = 12, O = 16, Na = 23, Cl = 35.5 とする。例えば、値が 1.234 g の場合は、
- . とせよ。 . g

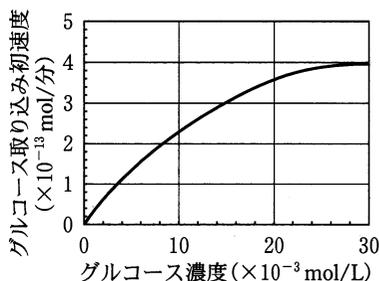
- (2) 酵母細胞の細胞膜にあるグルコース輸送体 Y の量が半分になると、グルコース濃度と取り込み初速度の関係はどのようになるか。最も適切なグラフを①～⑤から1つ選べ。

ケ

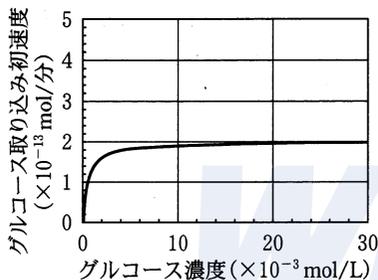
①



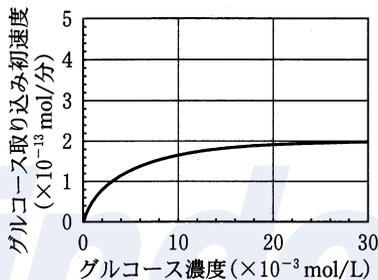
②



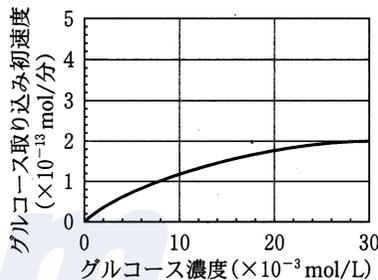
③



④



⑤



- (3) 薬物 X はグルコース輸送体 Y の機能に影響を与える。薬物 X 存在下で、グルコース輸送体 Y についてグルコース濃度とグルコース取り込み初速度の関係を本文中の下線部と同様の方法で調べた。その結果、一定濃度の薬物 X 存在下では、薬物 X が存在しない場合と比較して、 V_{max} は変わらなかったが、 K_m は2倍高くなった。

尿中にグルコースを排出する糖尿病のラットに薬物 X を投与すると、尿中に排出されるグルコース量と血糖値に変化が見られた。薬物 X はグルコース輸送体 Y にのみ作用とした場合、このラットに薬物 X を投与した時の変化として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

コ

- ① 尿中のグルコース量が減少し、血糖値が下がった。
- ② 尿中のグルコース量が減少し、血糖値が上がった。
- ③ 尿中のグルコース量が上昇し、血糖値が下がった。
- ④ 尿中のグルコース量が上昇し、血糖値が上がった。