

生 物

I 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

バイオマスとは、動植物などから生まれた生物資源の総称で、これらの資源からつくる燃料をバイオマス燃料とよぶ。バイオマス燃料には、ペレットなどの固体燃料、バイオエタノールやバイオディーゼルなどの液体燃料、そして気体燃料とさまざまなものがある。世界のバイオエタノール生産量、バイオディーゼル生産量は、共に年々増加し続けている。バイオエタノールの主な原料は、トウモロコシ、コムギ、イネ、サトウキビ、テンサイ、キャッサバ^(A)および糖蜜(砂糖の製造時にできる副産物)のデンプンや糖分であり、バイオディーゼルの主な原料は、ダイズ、ナタネ、アブラヤシ^(B)などの種子や果実から抽出される油脂および廃食油^(C)(使用後の食用油)である。これらデンプン、糖分、油脂は、いずれも上記の高等植物が行う光合成によってできた有機物が代謝されたものである。植物の光合成には図1のような C_3 、 C_4 とよばれる炭素固定経路があり、 C_4 植物はバイオマス燃料に利用されることが多い。現在のバイオマス燃料の代表的な利用例としては、SAF(Sustainable Aviation Fuel, 持続可能な航空燃料)があげられる。

問 1 図 1 は C_3 、 C_4 植物の光合成における炭素固定経路を表したものである。図の空欄 **ア** ～ **カ** にあてはまる最も適切な語句を選択肢から選んで書きなさい。

選択肢

オキサロ酢酸 ピルビン酸 ホスホエノールピルビン酸 ホスホグリセリン酸
 リブローズ-1,5-ビスリン酸 リンゴ酸

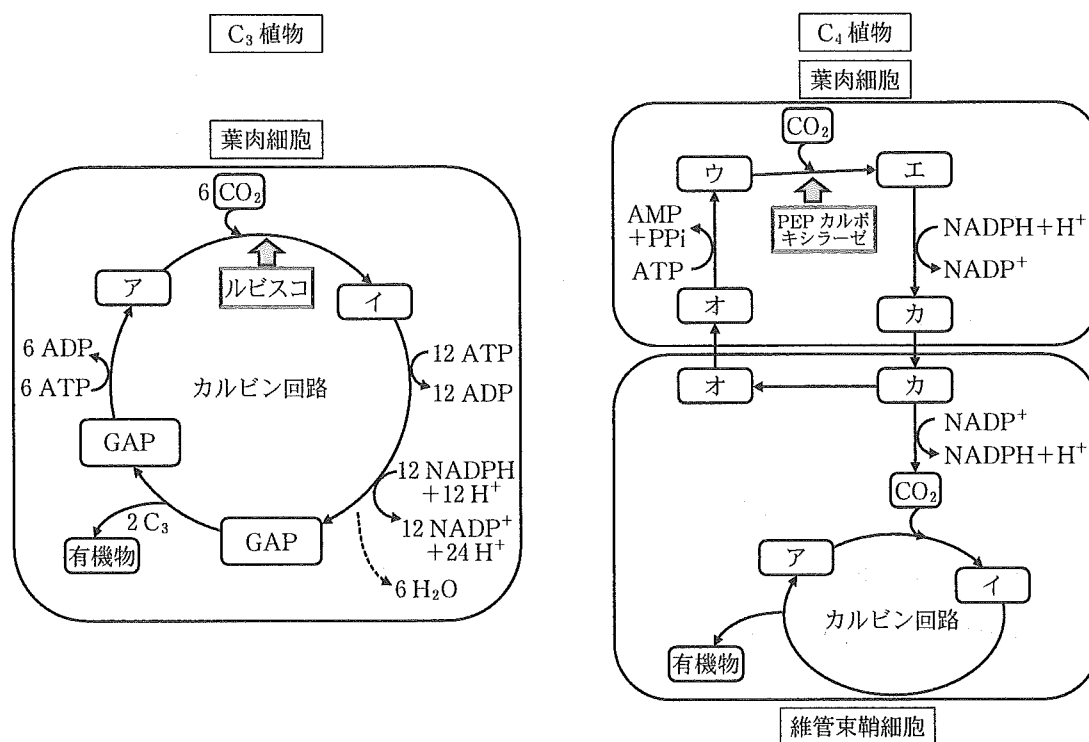


図 1

問 2 下線部(A)(B)にあげたバイオマス燃料の原料植物のうち、 C_4 植物を全て選びなさい。

問 3 C_4 植物がバイオマス燃料の原料によく使われる理由を 30 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。また、 C_4 は 1 字とみなす。

問 4 下線部(C)に関して次の文章の空欄 キ ～ ケ にあてはまる語句を答えなさい。

廃食油は、ほとんどが植物油由来である。
 その主体は脂肪または中性脂肪ともよばれる
 トリアシルグリセロールで、グリセリンに3
 つの キ がエステル結合したものである(図2)。
キ は通常プラスチックで合成される。高等植物の場合、光合成のカルビン回路と同様に葉緑体の ク で16～18炭素数の キ にまで合成され、小胞体に運ばれてトリアシルグリセロール合成に使われる。種子や果実に蓄積したトリアシルグリセロールは、ケ 時のエネルギー源として使われる。

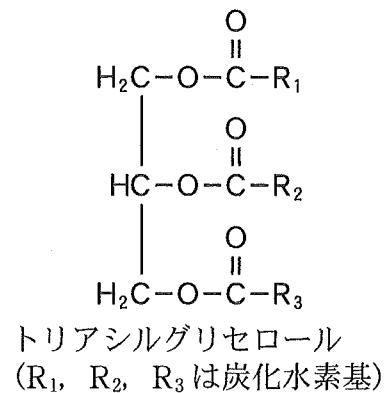


図2

問 5 バイオマス燃料を使うことは「カーボンニュートラル」であると言われ、地球温暖化の抑制につながるとされている。その理由について、環境の視点から100字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

Ⅱ 次の文章を読んで、問 1～5 に答えなさい。なお水の量は 100 mL 未満を四捨五入したおおよその量で扱うこととする。(配点 19 点)

体重 70 kg のヒト男性は 1 日あたり食物とともに 1200 mL の水を摂取する。また、唾液として 1500 mL、胃酸として 2000 mL、胆汁として 500 mL、膵液として mL、粘液などとして 1500 mL の水が分泌され、消化管に流入する。一方、食物の消化と栄養の吸収がおこなわれる小腸では、6700 mL の水が吸収される。小腸上皮は一層の上皮細胞が で接着した構造を持ち、グルコースなど^(A)の栄養は輸送体を介して上皮細胞を透過する一方で、水は で接着した細胞間を透過するだけではなく、 を介して上皮細胞を透過する。小腸で吸収されなかった食物繊維などが通過する大腸では mL の水が吸収され、最終的に 100 mL の水が便とともに排出される。

小腸で吸収された水やグルコースは、毛細血管を介して血液に移動する。この血液は を通って に入り、再び毛細血管を通過する際に、一部のグルコースが細胞に吸収され、グリコーゲンに合成され、貯蔵される^(B)。毛細血管は血管内皮細胞とこれを包み込む細胞外マトリックスタンパク質で構成されており、血管の他の部分よりも水の透過性が高い。また、 がいないためグルコースは単純拡散で透過する。毛細血管の細胞外マトリックスは器官ごとに透過性が異なり、多くの場合、タンパク質と細胞以外の物質を透過する。例外として、 の毛細血管はタンパク質も透過するため、アルブミンなど血液中のタンパク質の多くがこの器官で産生される。これらのタンパク質は血液中にとどまるため、血液と組織液の間には浸透圧の差が生じる^(C)。これに加えて、心臓の働きにより生じた血圧が、浸透圧とともに毛細血管を介した血液と組織液の間における水の移動を駆動している。

問 1 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 体重 70 kg のヒト男性の血液は 5500 mL であり，これに赤血球が占める体積の割合を表すヘマトクリット値は 45 % である。血液から血球を除いた部分を血しょうとよび，その 2.3 倍の水が 1 日に消化管に分泌される。これらの水は腸で再び吸収されるため，血しょうの量は大きく変化しない。この事を踏まえて，空欄 と にあてはまる数値を答えなさい。ただし，100 mL 未満は四捨五入した概数で答えること。

問 3 下線部(A)に関する以下の問(1)，(2)に答えなさい。

(1) 最もグルコースの濃度が高いのはどの溶液か，以下から選び，数字で答えなさい。

- | | |
|----------------------|--------------|
| 1. 消化管の内腔の液 | 2. 上皮細胞の細胞内液 |
| 3. 上皮細胞と毛細血管の間にある組織液 | 4. 毛細血管内の血液 |

(2) によって上皮細胞を水が透過しない場合，(1)で答えた溶液のグルコース濃度はどのように変化し，結果としてグルコースの吸収がどのような影響をうけるか，理由を含めて 100 字以内で答えなさい。ただし，句読点も字数に含める。

問 4 下線部(B)に関して，グルコースを貯蔵するためにグリコーゲンを合成するのは，どのような利点があるか，水の移動という視点から 100 字以内で答えなさい。ただし，句読点も字数に含める。

問 5 下線部(C)に関して、ヒトは飢餓状態になると、血液中のタンパク質濃度が下がり、腹水とよばれる水が腹腔にたまることが知られている。これに関する水の移動の説明として最も適切なものを以下から選び、数字で答えなさい。

1. 血液の浸透圧が上がり、血圧による駆動が優位になったため、組織液から血液への水の移動が増加した。
2. 血液の浸透圧が上がり、浸透圧による駆動が優位になったため、血液から組織液への水の移動が増加した。
3. 血液の浸透圧が下がり、血圧による駆動が優位になったため、血液から組織液への水の移動が増加した。
4. 血液の浸透圧が下がり、浸透圧による駆動が優位になったため、組織液から血液への水の移動が増加した。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1 ～ 4 に答えなさい。(配点 19 点)

宿主植物と植物病原菌との間ではさまざまな攻防が繰り広げられている。病原菌はさまざまな二次代謝物質や分泌性タンパク質などを作り、宿主植物に作用することで感染に有利な環境を作り出している。例えば、病原菌 X はジベレリンを産生し草丈を伸長させ、病原菌 Y はコロナチン^(A)を産生することにより、気孔を開口させ宿主植物内への侵入を容易にしている^(B)。また、病原菌 Z は分泌性タンパク質 P^(C)を産生することにより、感染した植物組織を肥厚化させる。

一方、植物においては、特定の病原菌に対して病気にかかりにくい特徴を持つ品種が存在している。この形質を担う遺伝子を抵抗性遺伝子とよんでいる^(D)。抵抗性遺伝子のほとんどは病原菌を認識する受容体として機能しており、その多くは顕性遺伝する。しかし、一部の抵抗性遺伝子は潜性遺伝することがある。

問 1 下線部(A)について、以下の問(1)、(2)に答えなさい。

- (1) ジベレリンはどのような作用で草丈を伸長させているのか、以下の語句をすべて用いて 60 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

ジベレリン セルロース繊維 オーキシシン

- (2) ジベレリンが種子発芽に及ぼす影響について答えなさい。

問 2 下線部(B)に関連して、植物の気孔を閉じる作用を有する植物ホルモン名を答えなさい。

問 3 下線部(C)について、植物病原菌 Z の分泌性タンパク質 P は宿主植物の核へ移行し、肥厚化に関わる遺伝子 H の転写活性化をもたらしていることが明らかとなった。以下の問(1)、(2)に答えなさい。

(1) 真核生物において転写調節がどのような仕組みで行われているのか、以下の語句をすべて用いて 100 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

RNA ポリメラーゼ 基本転写因子 転写調節領域 プロモーター

(2) 植物病原菌 Z の分泌性タンパク質 P は宿主植物の遺伝子 H の転写調節領域に結合することが以下の図 1 に示すような電気泳動実験により明らかとなった。実験では転写調節領域を含む DNA を標識し、分泌性タンパク質 P と混合させた後に電気泳動をおこない、標識シグナルを検出した結果、DNA が高分子量側にも検出されるようになった。また、転写調節領域を含む未標識 DNA を添加した場合、濃度依存的に高分子量側に検出される DNA が減少した。このことについて、分泌性タンパク質 P が転写調節領域の塩基配列に特異的に結合していることを証明するためには、さらにどのような実験が必要であるか 60 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

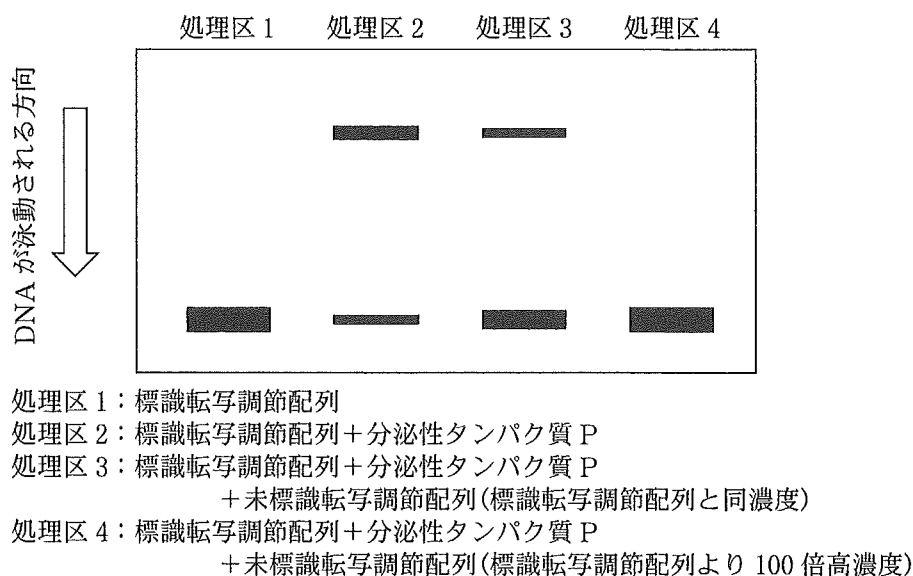


図1 転写調節領域と分泌性タンパク質Pの結合性評価実験

問 4 下線部(D)の抵抗性遺伝子の遺伝様式について、次の問に答えなさい。

植物種トマトの純系品種 T1 は病原菌 F によって病気となるが、病原菌 G に対して抵抗性である。一方、トマトの純系品種 T2 は病原菌 F に対して抵抗性であるが、病原菌 G により病気になる。純系品種 T1 と T2 を交配した雑種第一代 (F_1) は、すべての個体が病原菌 F に対して抵抗性で病原菌 G により病気となった。この F_1 を、病原菌 F と病原菌 G の抵抗性に関わる遺伝子をどちらも潜性に持つトマトの純系品種 T3 と検定交雑した。その結果、2つの抵抗性に関わる遺伝子はそれぞれ単一であり、同一染色体上に存在し、組換え価が 10 % であるとわかった。純系品種 T1 と純系品種 T2 の F_1 の自家受精によって、1200 個体の雑種第二代 (F_2) 種子をえた。2つの病原菌すべてに抵抗性となる個体は何個体となることが期待されるか答えなさい。

Ⅳ 次の文章を読んで、問 1～5 に答えなさい。(配点 18 点)

窒素(N)は、生体を構成するタンパク質や核酸、ATPなどに含まれ、生物に欠くことのできない元素である。しかし、ほとんどの生物は、大気中の体積の約 8 割を占める窒素(N₂)を直接に利用することができない。自然界では、一部の微生物のみ大気中の窒素(N₂)からアンモニウムイオンを合成することができる。さらに、アンモニウムイオンは、別の微生物によって亜硝酸、硝酸イオンに変換される。植物は、アンモニウムイオンや硝酸イオンを吸収して 窒素化合物を合成する。 窒素化合物を直接に吸収できない動物は、植物を消費することによって窒素(N)を同化する。

20 世紀前半まで、作物を栽培するために、家畜のふん尿などの堆肥が用いられてきた。堆肥に含まれる 窒素化合物を土壌中の微生物が分解して 窒素化合物に変換することで植物が利用できるようになるが、作物の生産効率は必ずしも高くなかった。ところが、大気中の窒素(N₂)と水素(H₂)からアンモニアを合成する技術が発明され、化学肥料が普及したことによって、作物を大量生産することが可能となった。化学肥料の使用は、人口増加に伴う食糧需要を満たす反面、水域生態系で環境問題を引き起こす原因ともなりうる。

作物が吸収できる量を上回る化学肥料が施肥されると、土壌中の 窒素化合物の濃度が増加する。地下水や河川を通じて陸域から海洋に流出した 窒素化合物を植物プランクトンが吸収し、増殖することによって汚濁するなど、世界各地の沿岸域で富栄養化の問題が深刻となった。富栄養化した海域では、一次生産量が増加することによって、表層でプランクトンを食べる一部の魚類で個体数が増える反面、海底で生活する魚介類の生物多様性は低下することもある。しかし、近年、先進国の沿岸域では、富栄養化の原因となる 窒素化合物の流入量が減少する貧栄養化とよばれる現象がみられるようになり、水質は改善されつつある。

問 1 下線部(A)について、陸域生態系と水域生態系で窒素固定をおこなうことができる代表的な微生物を以下の(a)~(f)からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

- | | |
|--------------|-----------|
| (a) 大腸菌 | (b) 酵母 |
| (c) 根粒菌 | (d) ミドリムシ |
| (e) シアノバクテリア | (f) 乳酸菌 |

問 2 下線部(B)の微生物のはたらきを何とよぶか答えなさい。

問 3 空欄

ア

 と

イ

 にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 4 下線部(C)について、海底で生活する魚介類の多様性が低下する原因について、以下の語句をすべて用いて、100字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

光合成 酸素 有機物 分解

問 5 下線部(D)について、先進国の沿岸域で近年、農業以外の原因で貧栄養化がみられるようになったのは何故か、主な理由として考えられることを60字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。