

1. 以下の文章を読み、問いに答えよ。

リンは ( A ) や ( B ) とともに植物の三大栄養素であり、( C ) によるリンの補給は現代農業のひとつの柱となっているが、( C ) の過剰散布が原因のひとつとなって①富栄養化を進行させることがある。

土壌中のリンは大部分が難溶性の無機リンと有機リンの形態で存在する。無機リンの形態は主に ( D ) である。リン酸塩を水に溶かして土壌に添加しても ( E )、鉄、アルミニウムなどの難溶性の塩が形成されるため、土壌間隙水中に溶存するリンの濃度は極めて低い。一方、土壌中には②クエン酸、シュウ酸などの③有機酸を産生して難溶性のリン酸塩を可溶化させる微生物が多数存在する。微生物の作用により可溶化されたリン酸は植物の根から吸収され、( F ) を通じて動物の体内に移行していく。また、土壌中に生育する微生物も可溶化されたリン酸を細胞内に取り込む。植物や微生物の細胞内に取り込まれたリン酸から、④核酸や高エネルギーリン酸化合物、リン脂質などの生物に不可欠な有機リン化合物が合成される。生物の遺体に含まれる有機リン化合物は土壌微生物の作用により、最終的に無機リン酸まで分解される。この反応にはさまざまな酵素が作用するが、そのひとつである⑤フォスファターゼは有機リン酸エステルを分解する。

(1) 空欄 ( A ) ~ ( F ) に適切な語句を以下の語群から選べ。

語群

水素、窒素、酸素、ナトリウム、カリウム、マグネシウム、カルシウム、  
ボーキサイト、マグネタイト、アパタイト、肥料、植物ホルモン、殺虫剤  
相利共生、食物連鎖、実現ニッチ

(2) 下線①の富栄養化とはどのような現象であるか 100 字以内で説明せよ。

(3) 下線②のクエン酸の化学式は  $C_6H_8O_7$  である。10 g のクエン酸を土壌中の細菌が完全に酸化したときに発生する二酸化炭素と水の重量を計算せよ。ただし H, C, O の原子量はそれぞれ 1.0, 12, 16 である。

(4) 下線③の微生物がリン酸塩を可溶化するメカニズムについて 50 字以内で説明せよ。

(次ページに続く)

- (5) 下線④の核酸のひとつにリボ核酸 (RNA) がある。RNA が生体内で果たす機能について、以下のキーワードを用い 100 字以内で述べよ。

転写, 翻訳, アミノ酸, タンパク質, mRNA, rRNA, tRNA

- (6) 表 1-1 はある細胞から抽出した下線⑤のフォスファターゼにより、ある有機リン酸エステルを分解させたときの、有機リン酸エステルの初濃度と酵素反応速度との関係を示したものである。阻害物質の影響はないとして、この酵素反応の最大反応速度とミカエリス定数を求めよ。

表 1-1 有機リン酸エステルの初濃度と酵素反応速度との関係

初濃度 (mol · L <sup>-1</sup> )	酵素反応速度 (mol · L <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup> )
$1.0 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-4}$
$2.0 \times 10^{-3}$	$1.5 \times 10^{-4}$
$8.0 \times 10^{-3}$	$2.4 \times 10^{-4}$

## 2. 以下の問いに答えよ。

(1) 地球上の二酸化炭素の発生源は、陸水を含む陸上生物圏、( A ), ①人間活動の三つである。陸の生物と大気との間の二酸化炭素の交換に関しては、春と夏では植物が活発に ( B ) するため二酸化炭素の ( C ) が優先し、秋と冬では呼吸や分解の作用による二酸化炭素の ( D ) が優先する。大気中の二酸化炭素濃度の季節変動は、赤道付近では ( E ), また中緯度付近での変動幅は ( F ) ppm である。( A ) と大気との間の二酸化炭素の交換量は炭素換算量で年間約 ( G ) Gt である。氷床コアの分析から、②氷河期の大気中の二酸化炭素濃度は現在より著しく低かったことがわかっている。

(1-1) 空欄 ( A ) から ( G ) にもっとも適切な語句あるいは数値を以下の語群から選んで示せ。

語群：太陽、山脈、海洋、地下水、湖水、対流圏、中間圏、吸収、放出、還元、酸化、光合成、電解、核分裂、200~300、10~15、2~5、1、90、300、1000、大きく、小さく

(1-2) 下線①に関して、人間活動による二酸化炭素発生の主な要因について説明せよ。

(1-3) 下線②の理由を説明せよ。

(2) 以下の問いに答えよ。有効数字は3桁とする。

(2-1) 河川などの水溶液中の電解質濃度を表すのにイオン強度  $I$  を用いることがある。ある河川の主なイオンの濃度 ( $10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) は以下の通りである。

$$\text{Ca}^{2+} = 45.4, \text{Mg}^{2+} = 34.4, \text{Na}^{+} = 115, \text{K}^{+} = 15.5, \text{Cl}^{-} = 139, \text{SO}_4^{2-} = 22.2$$

$$\text{OH}^{-} = 10.0$$

上記の各イオン濃度を持つ河川のイオン強度  $I$  を求めよ。

(2-2) 水溶液中に存在する成分同士の反応により、pH が狭い範囲に保たれることを緩衝作用という。酢酸 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) と酢酸ナトリウム ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) がそれぞれ  $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  溶解した水溶液の pH を求めよ。この場合、酢酸の電離の平衡定数は  $10^{-4.75} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  とする。また、この水溶液に水酸化ナトリウム ( $\text{NaOH}$ ) を  $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の濃度になるように添加した場合の水溶液の pH を求めよ。なお、水酸化ナトリウムの添加による酢酸と酢酸ナトリウムの希釈は無視する。

(2-3) 二酸化炭素は河川などの自然界の水溶液に溶解していくつかの炭酸種を生成する。存在する炭酸種の平衡関係を示しながら、水溶液の pH と炭酸種の存在割合について説明せよ。