

専門科目[土壌学]

No. 1

下記の 6 問の中から 4 問を選択して解答せよ。なお、英数字および記号は 2 文字を 1 マスに記載し 2 文字で 1 文字とみなす。また、句読点も 1 文字とみなす。(25 点×4 問=100 点)

1. 土壌に関する下記の用語について、それぞれ 100 文字以内で説明せよ。
 - (1) C 層
 - (2) 内圏錯体
 - (3) 硝酸化成
 - (4) 脱窒
 - (5) 塩基飽和度

2. 酸性土壌の改良には、石灰の施用が効果的である。酸性土壌における石灰施用に関わる下記の設問に答えよ。
 - (1) 石灰施用によって土壌の酸性が緩和されるメカニズムを、化学反応式を用いて説明せよ。(化学反応式を含めて 100 文字以内)
 - (2) 石灰施用が酸性土壌の交換性陽イオンの組成におよぼす影響を説明せよ。(150 文字以内)
 - (3) 酸性土壌に対する石灰施用が土壌の負電荷発生量におよぼす影響を説明せよ。(250 文字以内)

3. 土壌有機物に関する下記の設問に答えよ。
 - (1) 土壌有機物は電荷を発現させる。その電荷発現に関わる化学構造と電荷発生メカニズムおよび電荷発現特性を説明せよ。(200 文字以内)
 - (2) 土壌有機物の機能を 3 項目挙げて説明せよ。(300 文字以内)

専門科目[土壌学]

No. 2

4. 岩石の化学的風化に関わる下記の設問に答えよ。
- (1) 岩石が化学的風化を受けると、通常、元素組成は変化する。この際、Cl, Ca, Si, Al の組成はどのように変化するか説明せよ。(150 文字以内)
 - (2) 土壌の風化とともに、Si 含量, Al 含量, Si/Al 比はどのように変化するか説明せよ。(150 文字以内)
 - (3) 岩石の化学的風化によって Fe の化学形態はどのように変化するか説明せよ。(200 文字以内)
5. 日本土壌分類体系(2017)において下記の特性を有する土壌はどの土壌大群に分類されるか、最も適切なものを下記の選択肢から選びアルファベットで答えよ。
- (1) 停滞水あるいは地下水の影響下で還元を受けた、台地、丘陵地、山地の土壌
 - (2) 完新世の河成、海成、湖沼成の未固結堆積物を多量に含む土壌
 - (3) 層位の発達が認められない、あるいは非常に弱い土壌
 - (4) 漂白層とその下層に腐植物質および Al・Fe 酸化物の集積層をセットで持つ土壌
 - (5) 母材は主に火山放出物で、リン酸吸収係数が高く、軽しょうな土壌
 - (6) 有機物含量が低く、塩基飽和度が低く、風化の進んだ赤色または黄色の土壌
 - (7) 風化が進んでおり、かつ塩基飽和度が高い土壌
 - (8) 人工物質あるいは異質土壌物質を多量に含む土壌
 - (9) 主として水面下で集積した有機物を多量に含む土壌
 - (10) 層位の発達程度が弱い B 層を持つ土壌

選択肢：

- (A) 造成土, (B) 有機質土, (C) 黒ボク土, (D) ポドゾル,
- (E) 沖積土, (F) 赤黄色土, (G) 停滞水成土, (H) 富塩基土
- (I) 褐色森林土, (J) 未熟土

専門科目[土壌学]

No. 3

6. 水溶液中の溶質による光の吸収に関する下記の設問に答えよ。ただし、吸光物質の濃度を C (mol L^{-1})、光路長を L (cm)、入射光の強度を I_0 (任意の単位)、透過光の強度を I (任意の単位)、透過率を T 、吸光度を A 、物質のモル吸光係数を ϵ ($\text{L cm}^{-1} \text{mol}^{-1}$) とする。
- (1) 透過率 T 、入射光の強度 I_0 、および透過光の強度 I の関係式を示せ。
 - (2) 吸光度 A と透過率 T の関係式を示せ。
 - (3) ランベルト-ベールの法則を上記に示した記号を用いて示せ。
 - (4) ランベルト-ベールの法則が成り立たない場合の例を一つ挙げ、その原因と対処法を記せ。(200文字以内)

専門科目[土壌学]

下記の6問の中から4問を選択して解答せよ。なお、英数字および記号は2文字を1マスに記載し2文字で1文字とみなす。また、句読点も1文字とみなす。(25点×4問=100点)

1. 土壌に関する下記の用語について、それぞれ100文字以内で説明せよ。

(1) C層

土壌母材が物理的な風化作用を受けて細粒化されてできた土壌層位。非固結堆積物層であり、化学的風化をほとんど受けていない。

(2) 内圏錯体

吸着を行う固体と吸着される物質の間に水分子を含まない場合、この吸着複合体を内圏錯体と呼ぶ。吸着力が強く、このため、通常、植物は内圏錯体から吸着された物質を取り込むことが困難である。

(3) 硝酸化成

アンモニウムイオン (NH_4^+) から硝酸イオン (NO_3^-) が生成される過程あるいは反応を指す。この反応では、1モルの NH_4^+ から1モルの NO_3^- と2モルの H^+ が生成する。

(4) 脱窒

硝酸イオン (NO_3^-) や亜硝酸イオン (NO_2^-) が、微生物を介した作用を受けて、気体として放出される現象。放出される化合物としては、窒素ガス (N_2) や一酸化二窒素 (N_2O) などがある。

(5) 塩基飽和度

土壌の陽イオン交換容量を電荷のモル数で示したとき、これに占める交換性塩基の電荷の総量を割合として%で示したもの。ここで塩基とは、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Na^+ を指す。

2. 酸性土壌の改良には、石灰の施用が効果的である。酸性土壌における石灰施用に関わる下記の設問に答えよ。

(1) 石灰施用によって土壌の酸性が緩和されるメカニズムを、化学反応式を用いて説明せよ。(化学反応式を含めて100文字以内) 石灰 (CaCO_3) は、下記の反応により水に溶解してアルカリである OH^- を放出し、土壌酸性を緩和する。石灰の溶解度は低いが、中和反応によって OH^- が消費されると溶解が進行する。



- (2) 石灰施用が酸性土壌の交換性陽イオンの組成におよぼす影響を説明せよ。(150文字以内)

石灰が酸性土壌に施用されると、 Ca^{2+} が溶出されるため、交換性陽イオンの中でも交換性 Ca^{2+} が上昇する。また、石灰施用に伴って放出される OH^- によって酸性土壌の中和反応が起こり、これによって交換性 H^+ と交換性 Al^{3+} が低下する。

- (3) 酸性土壌に対する石灰施用が土壌の負電荷発生量におよぼす影響を説明せよ。(250文字以内)

石灰施用は、酸性土壌の pH を上昇させる。その酸性土壌が土壌有機物、1:1型層状ケイ酸塩粘土、鉄・アルミニウム酸化物、アロフェン、イモゴライト、水酸化物含有スメクタイト、水酸化物含有バーミキュライトに富む場合には、土壌が発現する負電荷量は増加し、保持可能な交換性塩基の量は増える。その酸性土壌がこれらの成分に乏しく、2:1型層状ケイ酸塩粘土に富む場合には、土壌が発現する負電荷量はほとんど変化せず、保持可能な交換性塩基の量もほとんど変化しない。

3. 土壌有機物に関する下記の設問に答えよ。

- (1) 土壌有機物は電荷を発現させる。その電荷発現に関わる化学構造と電荷発生メカニズムおよび電荷発現特性を説明せよ。(200文字以内)

土壌有機物の中で電荷発現に関わる主要な化学構造はカルボキシ基である。カルボキシ基は H^+ を解離することで負電荷を発現させる。この反応は pH が高いほど進み、逆に pH が低いと H^+ を取り込んで電氣的に中性となる。すなわち、土壌有機物が発現する電荷は pH 依存性であり、変異電荷である。土壌有機物にはアミノ基やアルコール性水酸基も存在するが、その電荷発現に対する寄与はカルボキシ基に比較して小さい。

- (2) 土壌有機物の機能を3項目挙げて説明せよ。(300文字以内)

①土壌有機物は、無機化反応を通じて N, P, S を含む無機イオンを生成することで、植物に対して養分を供給する機能を有する。

②土壌有機物は、負電荷を発現し陽イオンを保持する機能を有する。土壌有機物は、主要な官能基としてカルボキシ基 (COOH 基)を持つが、弱酸であるため、酸性であっても H^+ を解離して負電荷を帯びる。この負電荷は、土壌溶液中の Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} 等の植物栄養陽イオンを、植物が吸収可能な形態で保持することができる。

③土壌有機物は、鉱物粒子同士を結合させる接着物質として働き、土壌団粒の形成を促す機能を有する。土壌団粒は、土壌の

保水性，通気性，透水性を高める。

4. 岩石の化学的風化に関わる下記の設問に答えよ。

- (1) 岩石が化学的風化を受けると，通常，元素組成は変化する。この際，Cl, Ca, Si, Al の組成はどのように変化するか説明せよ。(150 文字以内)

岩石中の元素は，それぞれ異なる易動度を持っている。ポリノフによると，Cl, Ca, Si, Al の易動度は， $Cl > Ca > Si > Al$ の順に大きい。このため，化学的風化作用を受けると，この順番で岩石中から失われやすく，この順番で元素濃度の低下割合が大きい。

- (2) 土壌の風化とともに，Si 含量，Al 含量，Si/Al 比はどのように変化するか説明せよ。(150 文字以内)

通常，土壌中で最も含量が高い元素は O であり，次いで Si，その次が Al である。土壌の風化に伴って，Si は溶脱によって含量は低下するのに対して，Al は残留・富化するため含量は増加する。その結果，土壌の風化に伴って Si/Al 比は低下する。

- (3) 岩石の化学的風化によって Fe の化学形態はどのように変化するか説明せよ。(200 文字以内)

通常，岩石中に含まれる Fe は還元されており， Fe^{2+} の状態で存在することが多い。これに対して，土壌が生成する環境は酸化的であるため， Fe^{2+} は酸化されて Fe^{3+} として存在することが多い。 Fe^{3+} になると OH^- との親和性が著しく高まるため， Fe^{3+} は酸化物，水酸化物，和水酸化物，酸化水酸化物として存在することが多い。

5. 日本土壌分類体系（2017）において下記の特性を有する土壌はどの土壌大群に分類されるか，最も適切なものを下記の選択肢から選びアルファベットで答えよ。

- (1) 停滞水あるいは地下水の影響下で還元を受けた，台地，丘陵地，山地の土壌
- (2) 完新世の河成，海成，湖沼成の未固結堆積物を多量に含む土壌
- (3) 層位の発達が認められない，あるいは非常に弱い土壌
- (4) 漂白層とその下層に腐植物質および Al・Fe 酸化物の集積層をセットで持つ土壌
- (5) 母材は主に火山放出物で，リン酸吸収係数が高く，軽しような土壌
- (6) 有機物含量が低く，塩基飽和度が低く，風化の進んだ赤色または黄色の土壌
- (7) 風化が進んでおり，かつ塩基飽和度が高い土壌

- (8) 人工物質あるいは異質土壌物質を多量に含む土壌
- (9) 主として水面下で集積した有機物を多量に含む土壌
- (10) 層位の発達程度が弱い B 層を持つ土壌

選択肢：

- (A) 造成土, (B) 有機質土, (C) 黒ボク土, (D) ポドゾル,
- (E) 沖積土, (F) 赤黄色土, (G) 停滞水成土, (H) 富塩基土
- (I) 褐色森林土, (J) 未熟土

- (1) G
- (2) E
- (3) J
- (4) D
- (5) C
- (6) F
- (7) H
- (8) A
- (9) B
- (10) I

6. 水溶液中の溶質による光の吸収に関する下記の設問に答えよ。ただし、吸光物質の濃度を C (mol L^{-1}), 光路長を L (cm), 入射光の強度を I_0 (任意の単位), 透過光の強度を I (任意の単位), 透過率を T , 吸光度を A , 物質のモル吸光係数を ϵ ($\text{L cm}^{-1} \text{mol}^{-1}$) とする。

(1) 透過率 T , 入射光の強度 I_0 , および透過光の強度 I の関係式を示せ。

$$T = \frac{I}{I_0}$$

(2) 吸光度 A と透過率 T の関係式を示せ。

$$A = -\log T$$

(3) ランベルト-ベールの法則を上記に示した記号を用いて示せ。

$$A = \epsilon CL$$

(4) ランベルト-ベールの法則が成り立たない場合の例を一つ挙げ, その原因と対処法を記せ。(200 文字以内)

吸光物質の濃度が高まってくると, 会合や解離といった分子間相互作用が発生して吸収特性が変化したり, 溶液の屈折率が変化したり, 散乱が起こったりする。また, 透過光強度 I がゼロ付近になると吸光度の飽和が起こり, ランベルト-ベールの法則に従わなくなる。これを避けるためには, 予め吸光物質を希釈して分析に供試する等の対処法が有効である。

専門科目〔土壌学〕出題意図

1. 土壌学分野で研究するために必要となる基礎的用語に関する知識を問う。
2. 土壌学分野で研究するために必要となる土壌酸性とその改良に関する知識を問う。
3. 土壌学分野で研究するために必要となる土壌有機物の機能に関する知識を問う。
4. 土壌学分野で研究するために必要となる岩石の風化に関する知識を問う。
5. 土壌学分野で研究するために必要となる土壌分類に関する知識を問う。
6. 土壌学分野で研究するために必要となる分析化学に関する知識のうち、吸光度に関する知識を問う。