

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、英数字は 2 文字で 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 字以内で説明せよ。
 - (1) 陽イオン交換容量
 - (2) 二次鉱物
 - (3) ヘマタイト
 - (4) ポドゾル
 - (5) 生物的窒素固定

2. リン酸イオンは、土壌中鉱物であるフェリハイドライトによって吸着されうる。この現象に関わる下記の設問に答えよ。
 - (1) フェリハイドライトの化学組成を説明せよ (50 字以内)。
 - (2) フェリハイドライトの生成環境を説明せよ (150 字以内)。
 - (3) フェリハイドライトの電荷特性を説明せよ (150 字以内)。
 - (4) フェリハイドライトがリン酸イオンを強く吸着するメカニズムを説明せよ (150 字以内)。

3. 土壌に含まれる有機物に関する下記の設問に答えよ。
 - (1) 土壌に含まれるリターとは何を指すか説明せよ (50 字以内)。
 - (2) 土壌に含まれる腐植とは何を指すか説明せよ (50 字以内)。
 - (3) 土壌に含まれる溶存有機物とは何を指すか、代表的な構成成分名を挙げて説明せよ (50 字以内)。
 - (4) 土壌中で炭素が長期間安定的に隔離されるメカニズムについて説明せよ (150 字以内)。
 - (5) 土壌有機物は大きな酸緩衝能を持つ。そのメカニズムを説明せよ (200 字以内)。

専門科目[土壌学]

No. 2

4. 土壌分類に関する下記の設問に答えよ。

- (1) 日本土壌分類体系（2017）における造成土について，その特徴を説明せよ（100字以内）。
- (2) 日本土壌分類体系（2017）における非アロフェン質黒ボク土について，その特性を説明せよ（200字以内）。
- (3) 日本土壌分類体系（2017）における赤黄色土について，その特性を説明せよ（200字以内）。

5. 土壌粘土鉱物に関する下記の設問に答えよ。

- (1) バーミキュライトが持つ四面体シートの化学構造について説明せよ（100字以内）。
- (2) カオリナイトの化学構造を説明せよ（150字以内）。
- (3) スメクタイト，バーミキュライト，イライトの層間の状態について説明せよ（250字以内）。

6. 環境分析化学に関する下記の設問に答えよ。

- (1) 純水中における水分子の自己解離反応について説明せよ（100字以内）。
- (2) ブレンステッド-ローリーによる酸塩基理論におけるブレンステッド酸について具体例を挙げて説明せよ（100字以内）。
- (3) ランベルト-ベールの法則について説明せよ（100字以内）。
- (4) 溶解度積を説明せよ（100字以内）。
- (5) 蛍光 X 線を説明せよ（100字以内）。

下記の 6 問の中から 4 問を選択して解答せよ。なお、英数字は 2 文字で 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 字以内で説明せよ。

(1) 陽イオン交換容量

土壌が可逆的イオン交換反応によって保持できる陽イオンの量を単位重量当たりの電荷の量で示した値。土壌が発現している負電荷量に等しい。単位は、 cmol kg^{-1} 、 $\text{meq}/100\text{g}$ などが用いられる。
(88 文字)

(2) 二次鉱物

多くの場合、土壌の母材は岩石であるが、これが長期間風化を受けて化学構造が改変され、元の岩石あるいはそれを構成する鉱物とは異なった化学構造となった場合、これを二次鉱物と呼ぶ。
(86 文字)

(3) ヘマタイト

Fe_2O_3 の化学組成を持つ鉄酸化物。多くの場合、二次鉱物であり、赤色を呈する。土壌中では、フェリハイドライトが脱水することで生成し、高温・低水分環境下で生成しやすいと考えられている。
(89 文字)

(4) ポドゾル

主として針葉樹林下に生成する成帯性土壌であり、Fe と Al が有機酸によって溶脱された漂白層と、その下部でこれらが移動・集積した層を持つことが特徴である。降雪・降雨量が多く砂質の土壌に生成しやすい。
(95 文字)

(5) 生物的窒素固定

空中窒素である N_2 は不活性であり、植物はこのままでは体内に取り込み利用できないが、ある種の微生物は体内に取り込み有機態窒素として利用できる。マメ科植物に共生する根粒菌もその一種である。
(91 文字)

2. リン酸イオンは、土壌中鉱物であるフェリハイドライトによって吸

着されうる。この現象に関わる下記の設問に答えよ。

- (1) フェリハイドライトの化学組成を説明せよ (50 字以内)。

5Fe₂O₃・9H₂O の化学組成を持つ。鉄の和水酸化物である。

(26 文字)

- (2) フェリハイドライトの生成環境を説明せよ (150 文字以内)

一次鉱物が化学的風化を受けると Fe²⁺が溶出される。あるいは、地下水等の影響を受け還元的な環境におかれると含まれる Fe は Fe²⁺となる。これらが地上の酸化的な環境におかれるなどして急激に Fe³⁺に酸化されるとフェリハイドライトが生成されやすい。この酸化が緩慢に進む場合には他の結晶性鉄鉱物が生成する。

(142 文字)

- (3) フェリハイドライトの電荷特性を説明せよ (150 字以内)。

フェリハイドライトは活性な表面水酸基を持つことから、変異電荷 (pH 依存性電荷) を持つ。すなわち、負荷電の発現量は pH が低い場合には小さく、pH の上昇とともに増加する。また、正電荷を発現し、その発現量は pH が低いほど大きく、pH の上昇とともに低下する。

(120 文字)

- (4) フェリハイドライトがリン酸イオンを強く吸着するメカニズムを説明せよ (150 字以内)。

フェリハイドライト上には活性な表面水酸基が存在しており、この水酸基は水溶液中の配位子と置き換わる配位子交換反応を起こしうる。配位子交換反応は、直接金属原子と配位子が配位結合によって結ばれるため、強い吸着が起こる。リン酸イオンはこの配位子交換反応によってフェリハイドライトに吸着される。

(142 文字)

3. 土壤に含まれる有機物に関する下記の設問に答えよ。

- (1) 土壤に含まれるリターとは何を指すか説明せよ (50 字以内)。

落葉、落枝、枯死根など、生化学的分解をほとんど受けていない動植物遺体を指す。

(38 文字)

- (2) 土壤に含まれる腐植とは何を指すか説明せよ (50 字以内)。

動植物遺体が土壤中で何らかの化学変換を受け、新たな成分として生成した化合物の総称。

(41 文字)

- (3) 土壤に含まれる溶存有機物とは何を指すか、代表的な構成成分名を挙げて説明せよ (50 字以内)。

土壤溶液中に溶存する有機化合物の総称。低分子有機酸、水溶性糖類、腐植の一部などを含む。

(43 文字)

- (4) 土壤中での炭素が長期間安定的に隔離されるメカニズムについて説明せよ (150 字以内)。

腐植は土壤中の Fe^{3+} や Al^{3+} といった金属イオンと結合すると安定化され、微生物分解を受けにくくなり、結果として長期間安定的に隔離されると考えられている。他にも、化学構造的に安定な炭状構造物質として隔離される場合、微生物や分解酵素と物理的に隔てられて保存される場合が考えられる。

(133 文字)

- (5) 土壌有機物は大きな酸緩衝能を持つ。そのメカニズムを説明せよ (200 文字)。

土壌有機物は多量のカルボキシ基を持っており、そこには交換性陽イオンや H^+ が保持されている。これらの陽イオンは溶液中の陽イオンと平衡状態にあり、土壌に大量の H^+ が加えられるとこれをカルボキシ基に取り込み、逆に土壌溶液中の H^+ が減少するとカルボキシ基に結合していた H^+ を放出する。この反応によって土壌 pH を一定の範囲内に保つ能力、すなわち酸緩衝能を発揮している。

(174 文字)

4. 土壌分類に関する下記の設問に答えよ。

- (1) 日本土壌分類体系 (2017) における造成土について、その特徴を説明せよ (100 字以内)。

日本土壌分類体系 (2017) では、コンクリートやビニール製品など人工物質を多量に含む土壌、およびその場所では自然には生成しえない土壌物質が人為的に持ち込まれた土壌を造成土としている。

(89 文字)

- (2) 日本土壌分類体系 (2017) における非アロフェン質黒ボク土について、その特性を説明せよ (200 字以内)。

日本土壌分類体系 (2017) では、黒ボク土大群の中に非アロフェン質黒ボク土群が設定されている。火山放出物を母材とし、風化が進み、リン酸吸収係数が高まり、乾燥密度が著しく低い黒ボク土のうち、強酸性で多量の交換性 Al を含む層位が厚い土壌を指す。植物栽培においては、リン酸肥沃度の管理とともに、土壌酸性管理も重要であり、一般にはリン酸質肥料と石灰の施用が必要である。

(177 文字)

- (3) 日本土壌分類体系 (2017) における赤黄色土について、その特性を説明せよ (200 字以内)。

日本土壌分類体系 (2017) では、赤黄色土大群が設定されてい

る。長期間風化を受けた土壌であり、有機物含量が低く、赤色あるいは黄色を呈する土壌を指す。長期間の降水の影響を受けて、化学的風化が進行しており、交換性陽イオンの溶脱が進んでおり、このため塩基飽和度が低く、酸性が強く貧栄養である。日本では、南西諸島や九州地方に主として分布しているが、全国各地にも点在している。

(180 文字)

5. 土壌粘土鉱物に関する下記の設問に答えよ。

- (1) バーミキュライトが持つ四面体シートの化学構造について説明せよ (100 字以内)。

ケイ素四面体の 6 員環がハニカム構造状に二次元的に広がったケイ素四面体シートを基本骨格として持つ。このケイ素四面体シート中の Si 原子は、一部が Al 原子と置き換わっている。

(82 文字)

- (2) カオリナイトの化学構造を説明せよ (150 字以内)。

ケイ素四面体シート 1 枚と Al 八面体シート 1 枚が、酸素原子を共有しながら結合した構造を単位骨格として持ち、これが多数上下に積層した構造を持つ。この単位骨格の間には陽イオンは含まれておらず、通常、水素結合によって結ばれているため、通常、この層間が開いてイオンを保持することはない。

(137 文字)

- (3) スメクタイト，バーミキュライト，イライトの層間の状態について説明せよ (250 字以内)。

スメクタイトの層間には、同形置換に伴って生じている負電荷を中和するために必要な陽イオンが、交換性陽イオンとして含まれている。バーミキュライトの層間も同様であるが、同形置換の頻度はスメクタイトよりもバーミキュライトの方が高いため、層間に含まれる交換性陽イオンの量もバーミキュライトの方が多い。イライトの単位骨格はバーミキュライトと同様であるが、その層間には脱水和した K⁺が上下の Si 四面体シートを強い力で引き付けて閉じており、この K⁺は容易に土壌溶液には溶出されない。

(230 文字)

6. 環境分析化学に関する下記の設問に答えよ。

- (1) 純水中における水分子の自己解離反応について説明せよ (100 字以内)。

水分子は水中でごくわずかに解離している。その反応は下式で示される。



純水中では、 H^+ の活量と OH^- の活量はいずれも $10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ である。

(65 文字)

- (2) ブレンステッド-ローリーによる酸塩基理論におけるブレンステッド酸について具体例を挙げて説明せよ (100 字以内)。

H^+ を失うまたは供与する分子またはイオンをブレンステッド酸と呼ぶ。下記の反応では、 CH_3COOH は H^+ を失って H_2O に供与しているのでブレンステッド酸である。



(92 文字)

- (3) ランベルト-ベールの法則について説明せよ (100 字以内)。

特定の吸光波長において、ある物質の吸光度はその物質の濃度と吸収層の厚さに比例するとする法則。ここで吸光度とは入射光強度と透過光強度の比 (透過率) の常用対数を指す。比色法の原理となる法則である。

(96 文字)

- (4) 溶解度積を説明せよ (100 字以内)。

塩化合物の飽和溶液中における陽イオン濃度と陰イオン濃度の積。溶存するイオン濃度の積がこの溶解度積の値を超えたときに沈殿が生成しはじめる。

(68 文字)

- (5) 蛍光 X 線を説明せよ (100 字以内)。

元素に X 線を照射すると、その物質を構成する原子の内殻の電子が励起されて生じた空孔に、外殻の電子が遷移する際に放出される特性 X 線を指す。その波長は内殻と外殻のエネルギー差に対応する。

(90 文字)

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鉱物およびそのイオン吸着機構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土壌分類名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鉱物の化学構造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を問う。