

土壌化学プリント 3

8. 土 壌 の 無 機 成 分

8-1. 土壌の母岩

(1) 火成岩

重要なもの 安山岩 火山放出物 花崗岩

(2) 堆積岩

重要なもの 頁岩 砂岩 凝灰岩

(3) 変成岩

重要なもの 片岩 片麻岩

表3 火成岩の分類

| | | | | | |
|----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------|--------------------|------------------|
| SiO ₂ 含量% | | 多 ← 66 (酸性) ————— 52 → 少 (中性) (塩基性) | | | |
| 主な鉱物の組合せ | | 石英+カリ長石 +斜長石+黒雲母 +角閃石 | | 斜長石+黒雲母 +輝石+角閃石 | 斜長石+輝石 +カンラン石 |
| 色指数 | | 淡色 ← 10 ————— 35 → 暗色 | | | |
| 完 晶 質 ↓ ガラス質 | 粗 粒 ↑ (結晶の大きさ) ↓ 細 粒 | 深成岩 | 花こう岩 | 閃緑岩 | ハンレイ岩 |
| | | 半深成岩 | 石英斑岩 | ヒン岩 | 輝緑岩 |
| | | 火山岩 | 流紋岩 | 安山岩 | 玄武岩 |

8-2. 主要な土壌鉱物

(1) 一次鉱物 (primary minerals)

母岩中に含まれる造岩鉱物

- | | | |
|----------|----------------|-------------|
| a. 石英 | quartz | テクトケイ酸塩 |
| b. 長石 | feldspar | テクトケイ酸塩 |
| c. 雲母 | mica | フィロケイ酸塩 |
| d. 角閃石 | amphibole | イノケイ酸塩 (複鎖) |
| e. 輝石 | pyroxene | イノケイ酸塩 (単鎖) |
| f. カンラン石 | olivine | ネソケイ酸塩 |
| g. 火山ガラス | volcanic glass | 非晶質珪酸塩 |

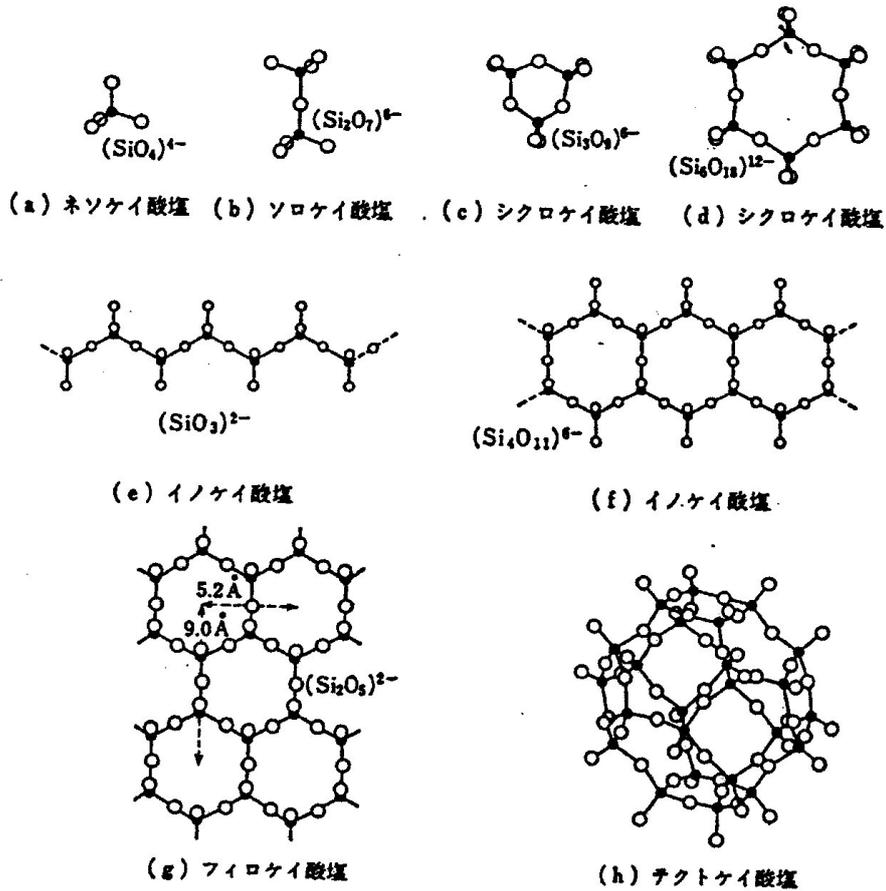


図4 ケイ酸四面体の結合様式によるケイ酸塩の分類

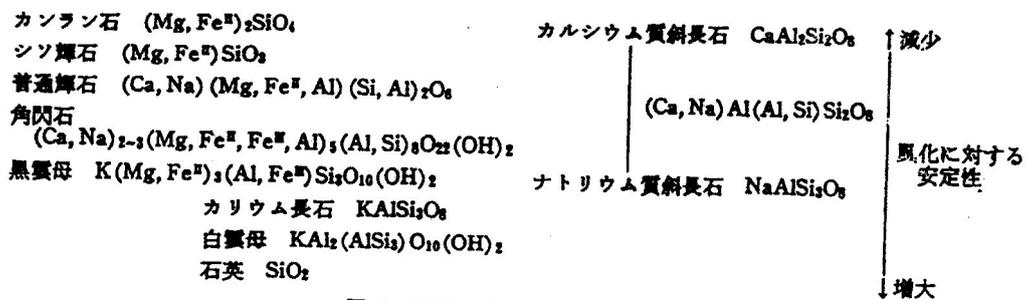


図1 風化に対する鉱物の安定性。

(2) 二次鉱物 (secondary minerals)

地表で一次鉱物の風化変質により新たに生成した鉱物
 珪酸塩鉱物と酸化物・水酸化物鉱物

1) 1 : 1 型鉱物 カオリナイト、ハロイサイト

珪素 4 面体層とアルミニウム 8 面体層が一層ずつ上下に結合
 カオリナイトは単位層どうしが酸素原子と水酸基の間の水素結合によっ
 て比較的強力に結合するため、 $0.1 \sim 5 \mu$ の大きな板状結晶を形成する。
 底面間隔 7.2 \AA 。

ハロイサイトは単位層間に 1 分子層の水が入るため、層間の結合力が
 弱く、長さ $0.1 \sim 1 \mu$ の管状および直径 $0.1 \sim 0.3 \mu$ の球状の形態を示す。

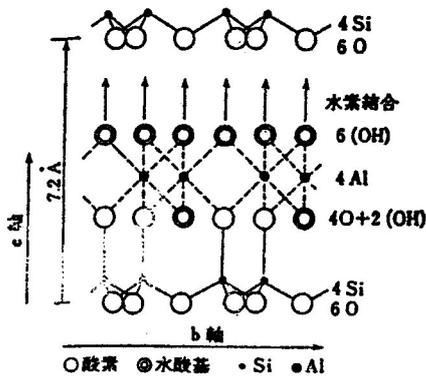


図 9 カオリナイト鉱物の結晶構造 (Wear 6, 1948)

底面間隔 10.2 \AA 。

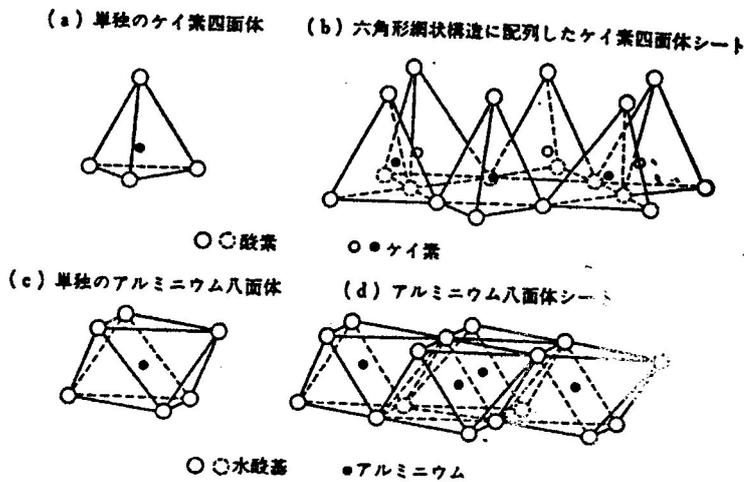


図 5 ケイ素四面体とアルミニウム八面体

2) 2 : 1 型鉱物 膨張型 モンモリロナイト、バーミキュライト
 非膨張型 イライト

単位層は1枚のアルミニウム8面体層を2枚の珪素4面体層が挟んでできる。

鉱物中のある元素が大ききの良く似た他の元素によって置き換えられることを同像置換という。

2 : 1 型鉱物では4面体および8面体構造内の Si, Al が他の陽イオンで置換されていることが多い。4面体中の Si^{4+} (半径 0.39Å) は、 Al^{3+} (半径 0.57Å) によって置換される。

8面体中の Al^{3+} (半径 0.57Å) は、 Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} (半径 0.78,

0.83, 0.91Å) と置換される。この置換は粘土が形成される過程で起こり、いったん陽イオンが構造間隙に入ると、結晶構造を破壊することなく外に出ることは困難である。Si $4+$ が Al^{3+} によって、また Al^{3+} が Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} 等の2価陽イオンと置換されることによって、粘土鉱物の結晶構造内部に陰荷電が生じる。

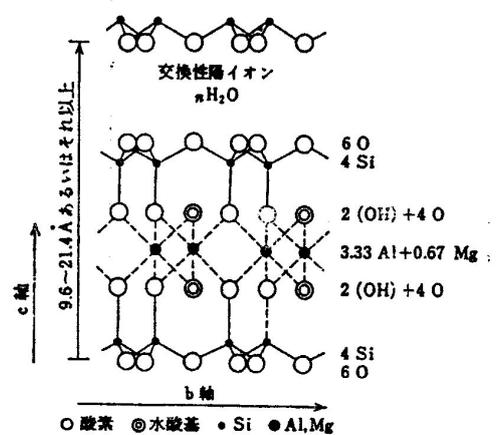


図 11 モンモリロナイト鉱物の結晶構造 (Wear ら, 1948)

モンモリロナイト (スメクタイト)

8面体の Al^{3+} の6分の1が Mg^{2+} によって同像置換。生ずる陰荷電は交換性陽イオンによって中和。隣接する単位層は、珪素4面体の酸素原子で向かいあうため、水素結合は存在しない。従って、単位層間の結合力が弱いため小さい結晶粒子しか発達しないが、層間に多量の水を取り入れて膨張し、乾燥する

と収縮する。底面間隔 9.6~21.4Å。Na 型粘土では 40Å。

イライト

4 面体層の Si^{4+} の 13~17% が Al^{3+} と置換。生じた陰荷電は層間のカリウムイオンで中和。4 面体層の同像置換による陰荷電は層間の陽イオンとの距離が短いので静電結合力が強く、層間のカリウムを強く引きつける。また、カリウムイオンは隣接する酸素原子面の 6 角形の穴のそれぞれにはまりこみ、両層を強く結合する。このため、層間に水分子が侵入できず、膨潤・収縮しない。底面間隔 10Å。

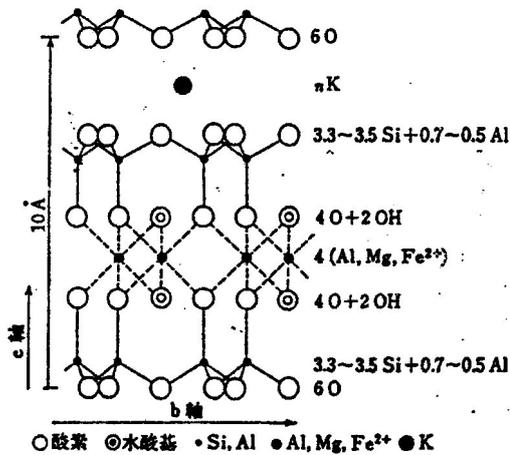


図 12 イライト (モノ斜) 鉱物の結晶構造

バーミキュライト

イライトと類似の構造の基本単位層を持つが、イライトの層間を結合しているカリウムイオンの全部あるいは大部分が除かれている。従って、単位層間の結合力は弱く、層間に水分子が侵入し、湿潤乾燥による膨張収縮を示す。しかし、同像置換が 4 面体層で起こっていることと、同像置換量がモンモリロナイトと比べて多いことから、層間に引きつけられる陽イオンの量も多く、これによる両層間の吸引力が強いため、層間に侵入できる水の層は 2 分子層までで、底面間隔は 10~14Å である。

3) 2 : 1 : 1 型鉱物 クロライト

珪素 4 面体、アルミニウム 8 面体、珪素 4 面体、マグネシウム 8 面体の 4 層が重なって単位層を形成している。マグネシウム 8 面体層は Mg^{2+} の一部が Al^{3+} によって置換され余剰の陽荷電を帯びているが、これは隣接する珪素 4 面体層の Si^{4+} の一部が Al^{3+} と同像置換することによって生じる陰荷電によって中和されている。層間には水分子が侵入できず、底面間隔は 14\AA である。

4) 非晶質・準晶質の粘土鉱物

アロフェン

火山灰土、ポドソル下層土等中に産する。外径 $35\sim 50\text{\AA}$ の中空球状の単位粒子からなる形状不定の集合体をなす。単位粒子球壁の厚さは 10\AA 。その構造は、球状の $Al(O, OH)$ 8 面体シートの内側に $Si(O, OH)$ 4 面体が結合した欠陥を持つイモゴライトあるいはカオリン様のもので、水分子が自由に通過できる大きさの穴が多数存在する。 Al_2O_3 に対する分子比は SiO_2 が $1.3\sim 2$ 、 $H_2O(+)$ は $2.2\sim 2.7$ である。

イモゴライト

火山灰土、ポドソル下層土等中に産する中空管状構造の準晶質珪酸塩鉱物。風化浮石中には、しばしばゲル状被膜をなして産する。中空管の外径は約 21\AA 、内径 6.5\AA 。理想組成は $SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ 。構造式は、管壁の内側から外側に向かって $(OH)_6 Al_4 O_6 Si_2 (OH)_2$ で示される。

(2) 酸化物・和水酸化物

鉄の酸化物（遊離酸化鉄）

レピドロサイト、ゲータイト、ヘマタイト、マグネタイト

アルミニウムの酸化物

ギブサイト

珪素の酸化物

オパールシリカ

土壌中の主な粘土鉱物とその特性

| 分類 | 鉱物名 | 粒子の形態 | 化学式 | 比表面積 m ² /g | 陽イオン交換容量 cmol(+)/kg |
|---------------|-------------|----------|---|---------------------------|------------------------|
| 1:1型 | | | | | |
| | カオリナイト | 板～薄板状 | Si ₂ Al ₂ O ₅ (OH) ₄ | 10-55 | 2-10 |
| | ハロイサイト(10Å) | 中空管状, 球状 | Si ₂ Al ₂ O ₅ (OH) ₄ ·2H ₂ O | 60-1100 | 5-40 |
| | ハロイサイト(7Å) | 中空管状 | Si ₂ Al ₂ O ₅ (OH) ₄ | 60-1100 | 5-15 |
| 2:1型 | | | | | |
| | スメクタイト | 薄膜状 | Na _{0.67} Si ₈ (Al _{3.33} Mg _{0.67})O ₂₀ (OH) ₄ ·nH ₂ O | 770 | 60-100 |
| | パーミキュライト | 板～薄板状 | Mg _{1.2} (Si _{6.8} Al _{1.2})X(Mg,Fe,Al) ₄₋₆ O ₂₀ (OH) ₄ | 770 | 100-150 |
| | イライト | 板～薄板状 | K(Si ₇ Al)(Al,Mg,Fe) ₄₋₆ O ₂₀ (OH) ₄ | 10-55 | 10-15 |
| 2:1:1型 | | | | | |
| | クロライト | 板～薄板状 | (Mg ₁₀ Al ₂ XSi ₈ Al ₂)O ₂₀ (OH) ₁₆ | 10-55 | 2-10 |
| 準晶質 | | | | | |
| | イモゴライト | 中空管状 | (OH) ₃ Al ₂ O ₃ SiOH | 1025 | 20-30 |
| 非晶質 | | | | | |
| | アロフェン | 中空球状 | (1~2)SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·(2.5~3)H ₂ O | 1050 | 30-135 |