

土の「基本」に立ち返る

固相は何からできている？

成分によって土の化学性や作物の生育に影響

前回までは土の隙間の量や大きさが粒子のサイズや構造によって違うこと、それらの隙間にある水や空気などの物理的な特性が作物の生育に影響を与えることなどについて解説した。今回は、土を構成する本体といえる「固相」について、それがどのような成分からできているのか、土の化学性や作物の生育にどのような影響を及ぼすのかを取り上げていく。まずは土の固相の大部分を占めている「無機物」について解説する。

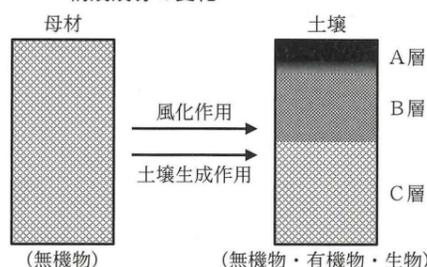


帯広畜産大学
グローバルアグロメディシン
研究センター教授
谷 昌幸
たに まさゆき
1995年筑波大学大学院農学研究科修了。博士（農学）。同年帯広畜産大学畜産学部助手、2003年同大助教授、15年から現職。1968年大坂市生まれ。

90〜99%の無機物と有機物、生物で構成

土は何からできていて、何が含まれるかについては2018年4月号で大まかに説明した。もう少し詳しく解説すると、ほとんどの土は基本的に岩石、堆積物および火山灰などの無機物からできている（無機質土壌と呼ぶ）。例外は泥炭土であり、分解途中の植物遺体である有機物からできている（有機質土壌と呼ぶ）。有機物とは炭素を含む化合物のことで、生物を構成する炭水化物、タンパク質、脂質などは有機物である。

図1 風化作用と土壌生成作用による土壌の構成成分の変化



一方、無機物とは炭素を含まない化合物のことで、鉄やアルミニウムなどの金属、ガラスや陶器などは無機物である。

母材が含む一次鉱物と新たにできた二次鉱物

無機質土壌は無機物を主体とする母材からできており、風化作用（無機物粒子が細かく砕けていく作用）と土壌生成作用（粘土や腐植などができる作用）を受けて、無機物、有機物、生物の混合物になっている（図1）。土を三次元的に見ると、全体積の約50%が固体（固相）であり、残り50%くらいは液相や気相などの隙間である。固相の約90〜99%が無機物、残り数%が有機物であり、土壌動物や微生物などの生物は1%にも満たない。つまり、私たちが土として見ている固相のほとんどは無機物なのである。

例えば、腐植物質が多く黒色の黒ボク土の表層では約10%が有機物、90%が無機物であり、腐植物質が少なく褐色の低地土や台地土の表層では約2%が有機物、98%が無機物といった

土に含まれる無機物は粒子の大きさ（粒径）によって区分され、粒径が2mm以上のものをれきと呼び、それ以下を土の粒子と呼ぶ。土の粒子は粒径の大きなものから砂、シルト、粘土に分けられる（図2）。

例えば、マグマが地下の深い所で冷えて固まった岩石を深成岩と呼ぶが、典型的な深成岩である花こう岩は、石英、長石、黒雲母などの鉱物を含んでいる。土の母材にもともと含まれていた鉱物は「一次鉱物」と呼ばれ、土の中では「砂」に多く含まれている（図

2。

一方、母材から土ができる過程で、一次鉱物の変質して別の鉱物、あるいは新たな鉱物ができることがある。それはカオリナイトやモンモリロナイトなどの層状ケイ酸塩鉱物、アロフェンやイモゴライトなどの非晶質鉱物と呼ばれる鉱物であり、これらは「二次鉱物」と呼ばれ、「粘土」に多く含まれている。

粒径が違えば凝集力や保水力など性質も違う

■砂が多い土はザラザラ
粒径が2〜0.02mmの砂は、2〜0.2mmの粗砂と0.2〜0.02mmの細砂に分けられる。岩

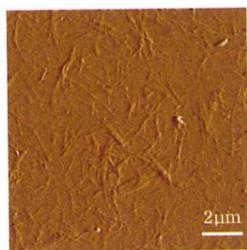
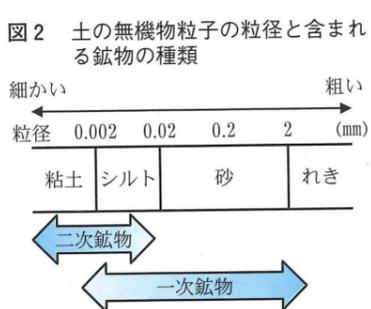


写真 人工的に合成したイモゴライトの原子間力顕微鏡による観察

石や火山灰などの土の母材にもともと含まれていた一次鉱物から成り立ち、ケイ素、アルミニウム、鉄、マグネシウム、カルシウム、カリウムなどの元素を多く含む。土を触ったときにザラザラと感じるのは、砂が多く含まれる場合である。砂は土の粒子の中で粒径が大きく、表面積が小さいために反応性が低く、粒子同士が互にくっつく力（凝集力）はほとんどない。水を引き付ける力（保水性）も弱いので、乾きやすいのも特徴である。

■ネバネバさせる粘土

粘土は粒径0.002mm以下であり、土の粒子の中で最も小さい。太さが

0.05mm程度といわれる細い髪の毛より何十倍も小さな粒子である。粘土は、土ができる過程で新たに生成した二次鉱物から主に成り立ち、ケイ素、アルミニウム、鉄、カリウムなどの元素を多く含む。土を触った時にネバネバとかヌルヌルと感じるのは粘土が多く含まれる場合である。

粘土は粒径が小さく、表面積が大きいため、反応性が高く、凝集力や粘着性が極めて大きい。水を含むと粘着性が高くなり、練るといろいろな形を自由につくることができる。さらに、乾かしたり焼いたりすると固くなる性質を持っているので、粘土細工や陶器などにも利用される。滑らかな微粒子で保水力も強いので、化粧品やファンデーションにも利用されている。

■中間的なシルト

砂や粘土と比べるとあまり聞き覚えのないシルトの粒径は0.02〜0.002mmで、砂と粘土の中間的な大きさである。日本の

土にはあまり多く含まれないが、シルトが多い土は、まるで小麦粉を触っているような滑らかでマフツとした独特の感触である。粘着性はあまりなく、弱い凝集力を示し、一次鉱物と二次鉱物の両方を含むため、まさに砂と粘土の中間的な成分や性質である。

粘土中の二次鉱物こそ化学性を知るカギに

前回まで解説してきたように、さまざまな粒径の無機物がどのような割合で土の中に含まれるかが、土の保水性や透水性、通気性、易耕性、碎土性などの物理的な特性や環境に大きな影響を与える。

一方、無機物粒子の中で粒径が最も小さい粘土に含まれる二次鉱物こそが、土の保肥力や養分の吸着など、土の化学性と養分の供給性に大きな影響を及ぼす。そのため、土が何からどのようにできてきたのか、どれくらいの量の粘土が含まれ、どのような二次鉱物が含まれるかが、土

の化学性を知る上で非常に重要なカギを握る。

火山灰からできた黒ボク土には、他の土には含まれないアロフェンやイモゴライトと呼ばれる二次鉱物が多く含まれる。写真は筆者が20年ほど前に、人工的にイモゴライトを合成し、原子間力顕微鏡と呼ばれる装置で撮影したもので、非常に細かい繊維のように見える鉱物がイモゴライトである。このイモゴライトやアロフェンが土の中のリン酸を吸着して固定し、作物がリン酸を吸収できなくなる原因となる。

また、二次鉱物は一次鉱物とは異なり、その表面にマイナスの電気（負荷電）を持つという特徴がある。土が陽イオン交換容量（CEC）を持つという理由の一つがここにある。

土の化学性や作物への養分供給を理解するために、土の中の粘土や二次鉱物について調べるのが欠かせない。詳細については次回以降で解説していく予定である。