

土の調べ方・その3 土の機能を知る

ブリテイローズ

主幹

関 祐 二

前は土のでき方とその正体について学びました。分かっているようで分かっていない「土って何だろう？」というテーマ。

土は4つの混合物であり、これらがどのように機能しているかが今回からの話です。

農業では、土以外で作物を育てることも盛んに行われています。例えば、ロックウール耕や礫耕などがありますが、これらが土と大きく違うのは保肥機能です。

土の機能、いや土のからくりを知る糸口はどうやらこの保肥にあるようですね。

では、具体的な話として、水稻の施肥作業を考えてみましょう。不思議なことがいくつかあります。

まず、元肥として水に溶ける性質の肥料をふり、ここに水を入れて代かきをします。この後、水の出入りはかなりあるのですが、肥料分はその田に保たれていますし、このとき部分的に施さないとところをつくってみると、その後の稲の生育ではっきりと違いがでて、その施していない場所が分かります。この現象、ちょっと考えると水に溶ける肥料なんだから均一に広がってしまい、その場所での差が全くなってしまうだろうと思いがちですが(図1)。

また、肥料濃度ということでも首をかしげることがあります。

元肥は稲の一生に施す量の半分ぐらいを一度に入れるのですが(これは赤ん坊が大人になるまでの間の食べ物を一度に与えるようなもの)、これでも濃度障害を起こすことはなく、穂肥施用という中間期まで稲に少しずつ土が肥料供給をしてくれるのです(図2)。もちろん、畑地でも同様のことが起きているのですが、水田は水の出入りが明確

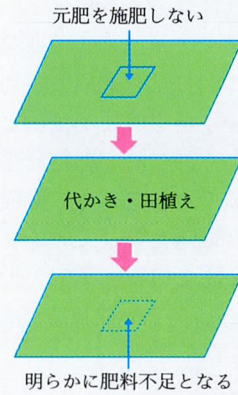


図1 土の保肥機能

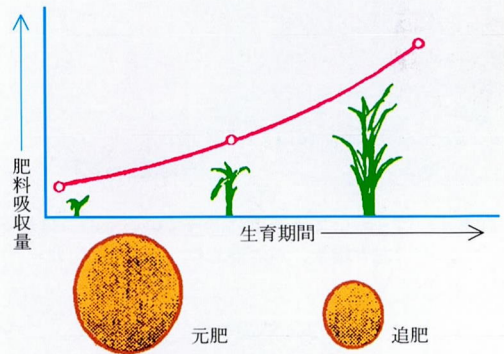


図2 元肥と追肥

なので、土の保肥を考える都合がよいので取り上げてみました。

では、土の保肥機能のからくりについて述べていきます。

まず、身近にある透明な容器に水を入れてください。この中に土を少し入れて、よくかきまぜてみましょう。泥水ができますね。これによく目を近づけて観察していると、まず大きく重のような

粒子はどんどん底に沈んでいきますが、小さなものはゆっくりと沈んでいきます。そして、かなり時間がたっても沈まないで漂っているものがあります(写真1)。これを化学では「コロイド粒子」といいますが、この場合、土の粒子なので「土のコロイド」といいます。このコロイドという言葉は、物質の大きさというより小ささを指すとしてもよく、10万分の5から1千万分の1 cm程度のもので、この大きさのものは、これより大きいものや小さいものとは違う特有の化学的性質を示します。これはコロイド化学という体系で研究されているようですが、ここでは深入りせず、土のコロイドについて話を進めていきます。

この非常に小さい土の粒子は粘土鉱物あるいは腐植と考えてよく、これが肥料分を吸着、保持していきます。この土のコロイドは理化学的にみると、マイナスの電気を帯びています(図3)。このことが土の化学性を知る重要なカギになりますが、

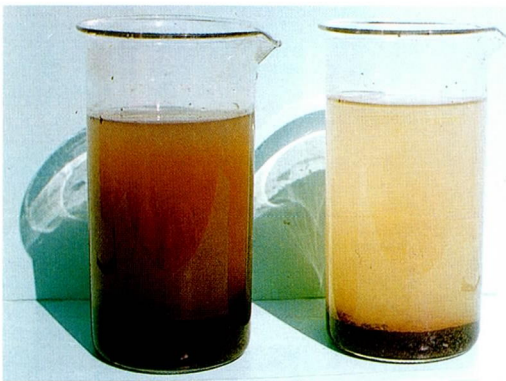


写真1 沈まないで水の中に漂っている土のコロイド (左が壤土, 右が砂土)

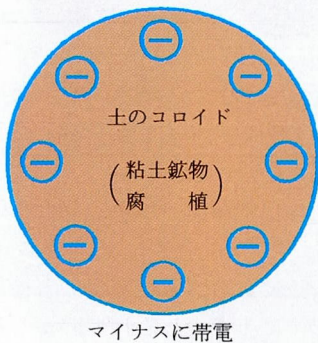


図3 コロイドの帯電性

これを負に帯電しているといえます。

土のコロイドのこの状態に対して、肥料成分の方を理化学的にみると、多くはプラスの電気を持った粒、つまりプラスイオンというものです。例えば、窒素成分のアンモニウムイオンは NH_4^+ であり、カリ成分は K^+ のカリウムイオン、石灰はカルシウムイオンで Ca^{2+} 、苦土はマグネシウムイオン Mg^{2+} などがあります。

では、施した肥料が流されて作土からなくなってしまうことのない肥料保持のしくみを、土のコロイドを模式的に表しながら、硫酸の施用を例にとり説明してみます。

硫酸は水に溶けると、アンモニウムプラスイオンと硫酸マイナスイオンに分かれます(図4)。このうちプラスの電気の粒子であるアンモニウムイオンは静電的にマイナスに帯電した土のコロイドに吸着されます。この反応により、アンモニアという窒素肥料が土に保肥されるのです。この現象は、他のプラスイオンについても同様であり、プラスの電気を持った肥料成分を特に塩基といい、土のコロイドに吸着されることを塩基の吸着といいます(図5)。

土にこの機能があるので、施した肥料分が雨水などで流れ去ることがなく、また、ある程度多くの成分を一度に施しても濃度障害を起こさないのです。

この重要な土の機能をつかさどる土のコロイドは粘土鉱物と腐植そのものであるし、場合によっては、その一方のこともあります。

このようなことから、粘土鉱物と腐植は土に固

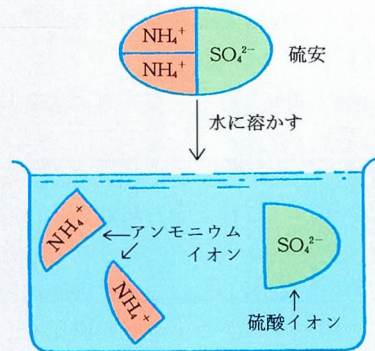


図4 硫酸を水に溶かしたときのイオンの解離

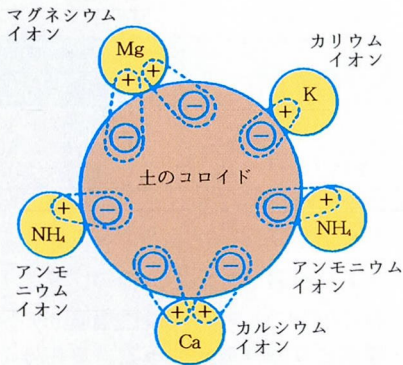


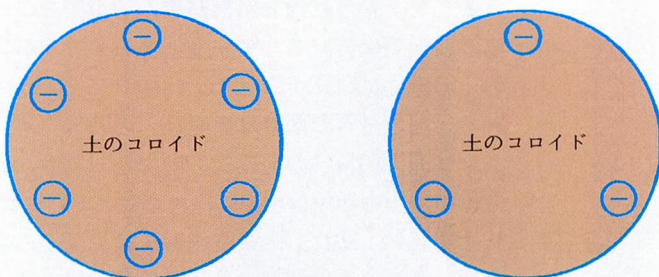
図5 塩基の吸着のしくみ

有の物質であるばかりでなく、その働きからも土の主役と考えられています。

土に対して、ロックウールなどはこの保肥機能がないので、一度に多くの肥料を与えられず、薄い液肥を精密コントロールしながら施すことを余儀なくされるのです。

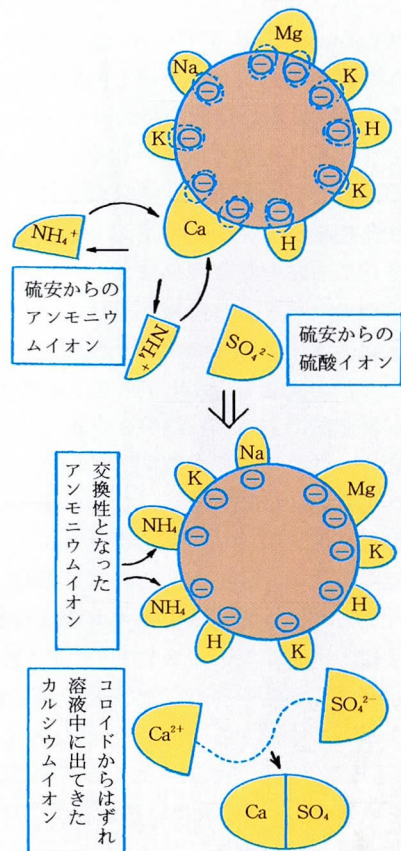
さて、土の保肥機能は砂っぽい土と粘質な土と同じなのでしょう、また、違うとしたら何を調べることで分かるのでしょうか？

土のコロイドがマイナスの電気を帯びていると述べましたが、土によってマイナス電気の帯びる量に違いがあります(図6)。これは、土のコロイドを丸いテーブルにたとえると、そのイスがマイナスの帯電で、このイスにプラス電気の肥料成分が座るということになり、テーブルの大きさは同じでもイスの数に違いがあるということです。そして、1価のプラスイオンは1つのイスに、2価のものは2つのイスを占めます。農業生産力の



C.E.C.の説明

図6 粒子の大きさは同じでもイスの数が違う



(例：アンモニウムとカルシウムの場合)

図7 土の陽イオン交換の仕組み

高い保肥力の大きい土は、このイスの数が多いということであり、砂質の土はこの逆にイスの数が少ないので肥料持ちが悪いということです。

また、この土のコロイドに吸着保持されたプラスの電気を持った肥料分、つまり塩基はこのイス

に座ったままということではなく、状況により他の成分と入れ替わるという現象を起こします。これを塩基交換といいます(図7)。そして、土がどのくらいの肥料分を吸着保持できるかという容量を塩基交換容量といいます。英語表現では cation exchange capacity となり、略文字で C E C と呼びます。この C E C は土壤化学分析の大事な項目であり、重要チェックポイントです。これは土の胃袋の大き

さとよく説明されますが、この単位はミリグラム当量を使い me/100 g,あるいは me と表現されています。この数値が大きい土ほど肥料分を多く保持する土です。日本の耕地の平均は 20 me/100 g ぐらいです。砂地土壌では 2～3 ぐらいしかありませんが、優良粘土鉱物モンモリロナイトをふくむような土では 60 ぐらいの C E C を示す土も日本のところどころに存在しています。

次に、土のコロイドに吸着しているプラスイオンの状態は、何でもくっついていけばよいということではなく、どんなものがどのぐらいの割合であることが理想的、あるいは改良が必要ということがあるので、これについて説明していきます。

まず、塩基飽和度何%ということがあります。これはコロイドに吸着しているプラスイオンには塩基ではない水素イオンがどのぐらいの割合を占めるかによって、土の化学性は大きく影響を受けるのですが、コロイドのイスにどのぐらいの割合で塩基が占めているかをパーセントで表すものです。例を挙げて説明すると、コロイドのイスの数が 10 あるうち、5 つを水素イオンが占めて、残りの 5 つを塩基が占めていれば塩基飽和度 50 % ということとなります (図 8)。

$$\text{塩基飽和度}(\%) = \frac{\text{交換性塩基(カルシウム, マグネシウム, カリ)}}{\text{塩基交換容量(C E C)}} \times 100$$

この塩基飽和度は土の pH と深い関係にあり、土の酸性化やアルカリ化を知るうえで大切です。

次にコロイドに吸着している塩基についても、その種類と割合について把握する方法を述べます。

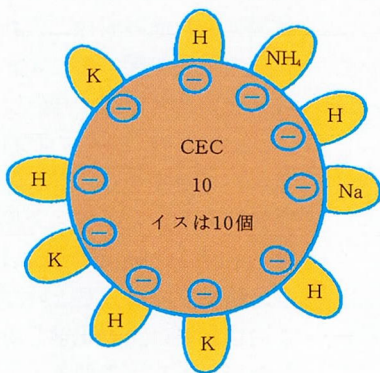


図 8 塩基飽和度50%の土のコロイド

表 1 野菜畑の適正值

C E C (me/100g)	塩基飽和度(%)	飽和度 (%)		
		石灰	苦土	カリ
10以下	170~100	150~80	: 16	: 6
10~20	100~80	80~60	: 16	: 6
20以上	80~75	60~50	: 16	: 6

注) 塩基飽和度、石灰飽和度については、～前が容量小、～後が容量大の場合の該当値

コロイドに吸着して、他のプラスイオンと入れ替わる塩基のことを交換性塩基といいます。交換性塩基は交換性カルシウム、交換性マグネシウム、交換性カリの 3 種類について土壌分析で表すのが一般的です。これは調べる土 100 g 中に何 mg 含まれているかという表現をします。土の状態としての交換性塩基は 3 つの塩基、カルシウム、マグネシウム、カリについてそれぞれ、カルシウム飽和度、マグネシウム飽和度、カリ飽和度としてパーセントで計算します。

$$\text{カルシウム飽和度}(\%) = \frac{\text{交換性カルシウム}}{\text{塩基交換容量(C E C)}} \times 100$$

$$\text{マグネシウム飽和度}(\%) = \frac{\text{交換性マグネシウム}}{\text{塩基交換容量(C E C)}} \times 100$$

$$\text{カリ飽和度}(\%) = \frac{\text{交換性カリ}}{\text{塩基交換容量(C E C)}} \times 100$$

この 3 つがパーセントで表され、この数字の並んだものを塩基バランスといいます。この塩基バランスは作物別に、あるいは土壌の種類別にも、どのようなものが適当か研究されています(表 1)。

以上、土の機能を保肥のしくみを中心に考えてきました。粘土鉱物と腐植が果たす役割の 1 つが塩基の吸着保持、そして交換にあるのですが、この土の働きが発見されたのは 1850 年ごろのイギリスでした。日本の国では黒船騒ぎの時代です。

現在の近代科学の発達した中であっても、土壌分析の本当の活用は現場ではまだできていません。

土を正しく知り、その生産力を高めていくためにも、正しい土の知識の普及が急務と思います。

今回は、具体的に土壌分析例を取り上げて、それをだれもが解析でき、土壌改良に結びつけられるような話をしていきます。