

何げなく子供のころに遊んだ泥んこ遊び、土のおだんご、大雨の後にこわごわ見に行った川の濁った流れ、そんなごく身近にあったありふれた光景も、土の科学の目でみていくと、とても複雑な世界であると同時に、自然界中で重要な役割を土が果たしていることも改めて理解できました。

土のコロイドというもの、それが土の様々な化学反応に関与し、このコロイドを形成する粘土鉱物と腐植が土の主役と呼ばれる理由も分かったと思います。そして、土のコロイドに静電的に吸着、保持される何種類かの塩基、そのあるべき理想的割合、そんな話を前回してきました。

今回は塩基というプラスイオンとは別に、マイナスイオンはどうなるのか、特にリン酸はその施し方、調べ方、その結果の活用について、現場での様々な迷い、疑問が多い課題なので、このことから述べていきます。

マイナスイオンの土壤中での動きについては、基本的に土のコロイドに吸着保持されることなく、土壌溶液中に存在するものと理解しておいて下さい。土壌溶液とは、土の粒子間にある土のすき間に液相として水、この水には様々なイオンや他のものを溶かし込んでいるのですが、この溶液のことです。

作物栽培上、重要なマイナスイオンに硝酸イオンがあります。畑作物は吸収利用する無機態窒素を大部分この形態で土壌溶液中より取り込んでいます。このNO₃硝酸イオンは、雨水により作土層の外に流亡しやすいものであることも、吸着保持を土にされないことから解明されています。

このように、マイナスイオンであることで土から流亡しやすいものに硫酸イオンや塩素イオンな

どがあります。

しかし、同じマイナスイオンでも、リン酸については全く違います。リン酸は土と強く結びつく性質を持っています。この強い結びつきは、塩基の吸着のような静電気的なものではありません。また、この結合は作物が利用できないような強力なもの、何とか利用できるようなものなど、いくつかの結びつく形態をとります。

そのメカニズムですが、土のコロイドを形成している粘土鉱物はケイ酸とアルミニウムの結晶化したものであることを前々回に述べましたが、土が酸性に傾くと、これが溶け出し、リン酸と強く結びついてしまいます。

また、鉄も土の酸性化によって同様に溶け出しますので、これもリン酸と結合する性質の強いものです。

そして、問題はアルミニウムと結びついたリン酸アルミニウム、鉄と結合したリン酸鉄、この両者の形では作物は吸収利用できないということです(図1, 2)。

肥料成分がこのように作物によって利用できない形態のものを不可給態といい、このような利用できない形態になってしまうことを不可給化といいます。

私たちがハイキングに缶詰を持っていき、缶切りがないようなもので、あっても食べられない状態ということです。

それでは利用できる形態とはどのようなものかという、リン酸が石灰と結びついたリン酸石灰の形と考えられています。

リン酸というものは、そのままの形で吸収されることはほとんどなく、何かと結合した形で吸収

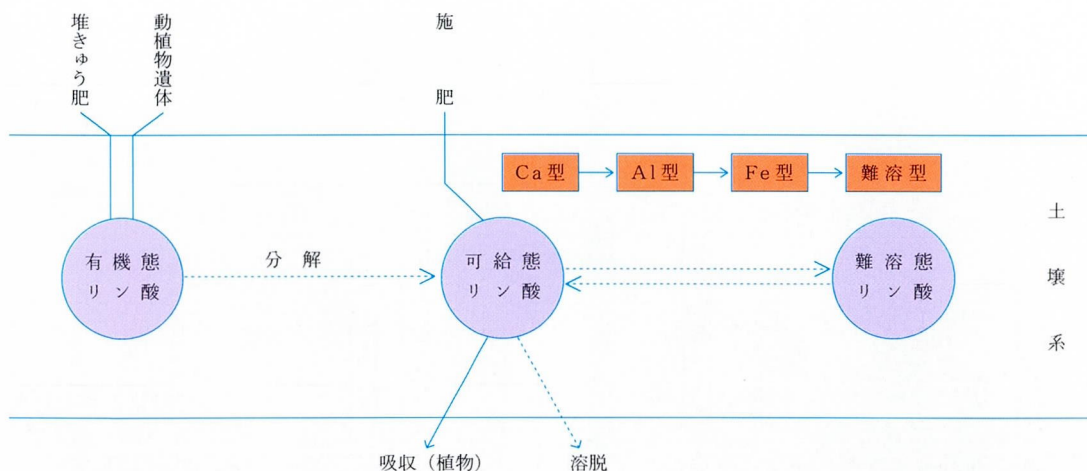


図1 土壌系におけるリン酸の動向

(出展：全農肥料農業部「土壌の知識」)

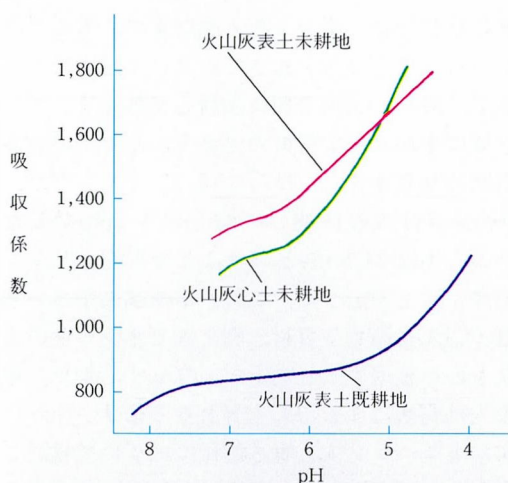


図2 pHとリン酸吸収量の関係(表土)

(出展：横井利直著「土壌——土のみかた考え方」)

されるのですが、その相手方によって利用度に差が生じるということです。

また、効きにくい形態とされいるリン酸アルミニウム、リン酸鉄でも、酸性土壌を好む作物、例えば、茶などは吸収利用していることが解明されています。

それでは、肝心の土の何を調べてリン酸成分の状態を判定するのかということになりますが、これは有効態リン酸という項目をみて下さい。

この有効態リン酸とは作物の吸収利用できる形態、つまり、リン酸石灰の形態のものが土の中にどのくらい含まれているかを示すものと考えられています。

このリン酸の項目にリン酸吸収係数というものがありませんが、これは施したリン酸肥料をどのくらい効かない形態にしてしまうのかという指標ですが、この数字を現場の土壌改良に活用するにはなかなか難しいものがあります。

この係数は100gの土が一定の濃度のリン酸液から吸収したリン酸の量をmg単位で表した数値で、2,100内外以上を大、1,400内外を中、700内外以下を小と判定します。しかし、この判定が大ということでも有効態リン酸の数値が適正域に入っていればリン酸欠乏にはなっていない土と判定して下さい。

そこで、有効態リン酸の適正域ですが、20~50mg/100gあればよいということになっています。これはイネ科の作物のように、もっと少なく10mg/100gでよいというものもあります。

現実には、この数値が少なくても作物がうまく育っている事例、あるいは適正域の何倍もあって明らかに過剰と判定されるところでも障害なく作物生産がされているなど、まだまだ明確な現場判定の難しい成分です(図3)。

しかし、今日まで各種試験研究によって探求されてきた有効態リン酸の数値による判定ですの

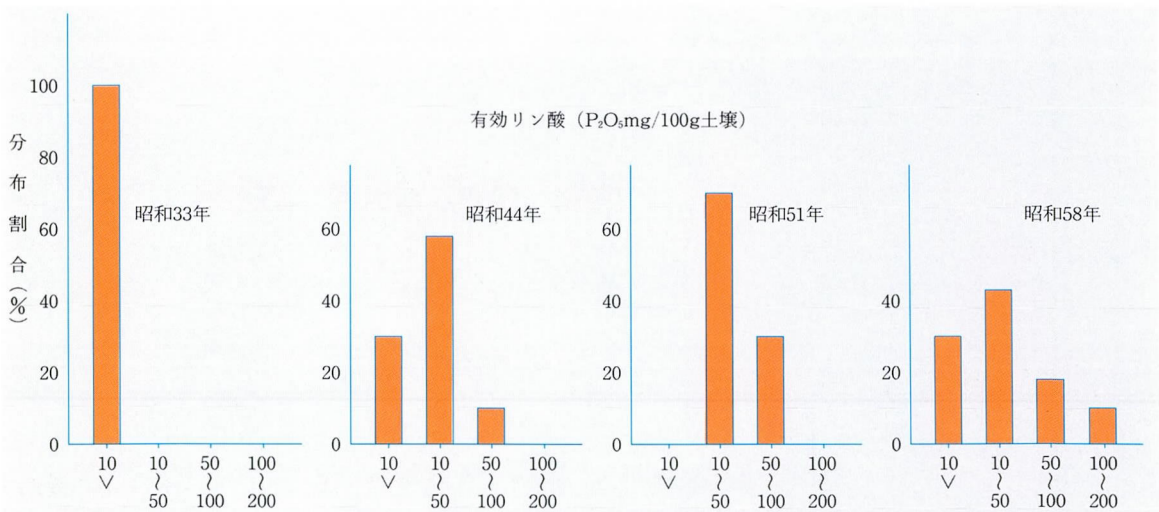


図3 25年間の三浦土壌の化学性変化(神奈川農総研・昭60)

で、リン酸の基準として考えて下さい。

さて、初回からここまでの説明で、土壤化学分析表について、それぞれの分析項目の意味が理解できるようになったと思いますので、復習も兼ねて具体例を挙げ、数値の見方、改良の方向性を探っていきます。

まず、土を調べる第一歩は土壤断面調査からです。

畑にスコップで穴を掘ってみましょう。様々の情報が、この調査によって集められます。それを自分で判定できる範囲で断面表に記入していきます。

そして、土壤化学分析のスタートは正しいサンプリングからです。いかに土の分析を精密に行なっても、畑の代表者選びがいいかげんでは話になりません。

そうして土を採取して送り、手元に分析表が届いたと想定して下さい(表1参照)。

土のメカニズムについてよく知らなかったときは、それぞれの数字の意味について、それが多過ぎるとか、少な過ぎるとかという説明でしかなかった

表1 土壤分析例

pH (H ₂ O)	CEC (me/100g)	交換性塩基(mg/100g)			有効態リン酸(mg/100g)	リン酸吸収係数
		石灰	苦土	カリ		
6.05	24.8	284.4	29.5	61.1	3.3	2,187

たか、あるいはコメントが詳しくされていても現場には結びつけにくかったと思います。そんな段階から自分自身の力をもっていよいよ脱出です。

まず、最初にCECの値に注目しましょう。これは、その土がどんな性質の土かを知る一つの大事な目安となります。

20 meが日本の耕地の平均ということでしたが、この土は24.8 meということであまり平均より少し上です。砂土のように、この値が極端に小さい場合は、CECを高める資材、例えばゼオライトのようなものを施用すると効果があります。また、堆肥投入は腐植によるCEC上昇となります。

次に塩基バランスと塩基飽和度について検討します。

3種類の交換性塩基は、それぞれ100 g当たりのmgで分析表に表されてきます。

これをそれぞれ塩基交換されるときの数、つまりCECの単位と同じミリグラム当量に換算しなくてはなりません。

この方法は交換性石灰は28で割り、交換性苦土は20で割り、交換性カリは47で割ると、それぞれがコロイドのイソに座るイソの数になります。この場合、

交換性石灰は…284.4 (mg) ÷ 28 = 10.2 (me)

交換性苦土は… 29.5 (mg) ÷ 20 = 1.5 (me)

交換性カリは… 61.1 (mg) ÷ 47 = 1.3 (me)

ということで、24.8あるコロイドのイソに石灰が

10.2, 苦土が1.5, カリが1.3座っている状態ということで、この換算をもとに、塩基飽和度を計算すると、 $\frac{10.2+1.5+1.3}{24.8} \times 100 = 52.4\%$ となります。

次に、塩基バランスを知るために、

$$\text{石灰飽和度は} \frac{10.2}{24.8} \times 100 = 41.0\%$$

$$\text{苦土飽和度は} \frac{1.5}{24.8} \times 100 = 6.0\%$$

カリ飽和度は $\frac{1.3}{24.8} \times 100 = 5.2\%$ の計算により求められるので、塩基バランスは41:6:5.2ということになります。

野菜作として、この土の状態を考えると、適正塩基飽和度は塩基交換容量が20以上では75~80%ということなので、この場合、52.4%なので、少し低過ぎるということになります。

そこで、次にそれぞれの塩基についての飽和度をみてみると、

石灰飽和度は、適正值が50~60に対して41.0

苦土飽和度は、適正值が16に対して6.0

カリ飽和度は、適正值が6に対して5.2

これで目標値とどのくらい違うのか分かりました。

次に、この場合の石灰を例にとって、目標値より不足する分を、どのくらいの量を施用すると、その改良値になるかという計算式を示しておきます。

耕作土を15cmまで改良するという設定で、土の容積重は火山灰土ということで0.7で算出してみます。

$$\begin{aligned} & \text{石灰飽和度の改良目標} \quad \text{この土の交換性石灰} \\ & \text{①式} \quad (24.8 \times \frac{60}{100} - 28) = 132.2 \text{ me/100 g 風乾土} \\ & \quad \uparrow \quad \quad \quad \uparrow \\ & \quad \text{この土のCEC} \quad \text{CaOの1me相当量} \\ & \text{②式} \quad 132.2 \times 0.7 \times \frac{15}{10} = 138.8 \\ & \quad \uparrow \quad \quad \quad \uparrow \\ & \quad \text{この土の容積重} \quad \text{不足のCaO kg/10 a \cdot 15 cm} \\ & \text{③式} \quad 138.8 \times \frac{100}{53} = 254.0 \leftarrow \text{施用する苦土炭酸石灰 kg/10 a \cdot 15 cm} \\ & \quad \uparrow \\ & \quad \text{苦土炭酸石灰の成分(\%)} \end{aligned}$$

①②③式より、10 a 当たり 15 cm の耕起することを前提に、苦土炭酸石灰を254 kg施用すると、この土の石灰飽和度は目標値の60%になることとなります。

このようにして、苦土についても、カリについても算出すればよいのです。

次にリン酸ですが、有効態リン酸が3.3 mg/100 g と極めて低い値です。リン酸吸収係数も2,187 と高いことから、この土のリン酸を効きにくくする性質が大変強いことが分かります。

このような土では、リン酸肥料をそのまま施用しても、この有効態リン酸はその値が改善されません。堆肥を多く施し、それと同時にリン酸肥料を施す方法が必要でしょう。

以上、この土壌分析結果から解析できる一部分を示してみました。

土の調べ方の中で、この土壌化学分析がそのすべてのように考えている人、あるいは、これで土のことが分かると思っている人もいるかもしれませんが、土の農業生産力を決定する一部分ではないのです。

土はその機能を適度な水分状態が与えられることで発揮されるわけであるし、土壌断面調査をいくつか実施してみると分かることですが、表土はふわふわしていても、ちょっと下に根の伸びられない硬い硬盤があったり、また、土層は深くても全く有機物が施されていないで、生物相の貧弱なことが明白な場合、等々……。

そうなのです、土の調べ方の学習は、実は作物を育てるとき、一体何に気を使う必要があるのかを逆に学ぶ場面でもあるのです。

また、このことは土の正しい知識の必要性を実感することでもあると思います。

土のこと、肥料のこと、作物のこと、農業は人の知恵を結集して成り立つ産業であり、そのための人材育成が重要事業と考えます。

土づくりのまず手始めは人づくりにあるのではないのでしょうか。