

土の「基本」に立ち返る

土によるリン酸の固定

水に溶け出さなくなり作物が利用できないように



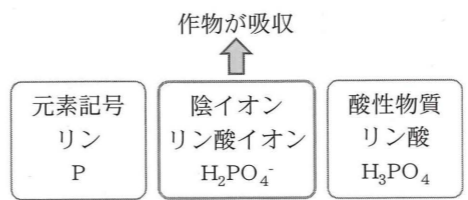
帯広畜産大学
グローバルアグロメディシン
研究センター教授
谷 昌幸
たに まさゆき
1995年筑波大学大学院農学研究科
修了。博士（農学）。同年帯広畜
産大学畜産学部助手、2003年同大
助教授、15年から現職。1968年大
阪市生まれ。

前回から北海道や日本の農業にとって非常に重要な鍵を握る元素であるリンに焦点を当て始めた。作物は、リンと酸素が結び付いたリン酸イオンを土の中の水から吸収するが、このリン酸イオンが土に固定されてしまい、作物が吸えない状態になることがある。今回は土によるリン酸イオンの固定について解説する。

農業でリン酸とはリン酸イオンを指す

リン（P）は元素の名前であり、作物が吸収するの

図1 リン、リン酸イオン、リン酸の関係
(作物が吸収できるのは土の中の水に溶けているリン酸イオン)



は土の中の水に溶けているリン酸イオン（H₂PO₄⁻）の形である（図1）。純粋な化学の世界では「リン酸」という物質があり、これは水素イオンとリン酸イオンが結合した強い酸性物質のことを指す。一方、農業の世界でリン酸と呼ばれるのはリン酸イオンのことであり、リン酸イオン自体は酸ではない。

土壌診断票に書いてある土に含まれる有効態リン酸や、リン酸肥料に含まれる水溶性リン酸やク溶性リン酸なども、全てリン酸イオンのことを意味している。土の中に含まれるカリウムイオンやカルシウムイオン

がプラスの電気を持つ陽イオンであるのに対し、リン酸イオンはマイナスの電気を持つ陰イオンである。これ以降で述べるリン酸はリン酸イオンのことである。

土の正荷電は小さく陰イオンの吸着わず

2019年3月号で解説したように、土の中に含まれる粘土鉱物や腐植物質などはその表面に電気を帯びており、ほとんどはマイナスの荷電（負荷電）である。土の重量当たりの負荷電量を示したものが陽イオン交換容量（CEC）であり、その負荷電にはカリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオンや水素イオンなどの陽イオンがくっついている。

一方、粘土鉱物の一部には、その表面にプラスの荷電（正荷電）を持つものがあり、その場合には陰イオンがくっつくことになる。リン酸は陰イオンであるため、もし土が正荷電を持つていれば吸着されるのだが、土の正荷電は非常に小

さく、陰イオンが吸着されることはほとんどない。土の中の水には、塩化イオン（Cl⁻）、硝酸イオン（NO₃⁻）、硫酸イオン（SO₄²⁻）などさまざまな陰イオンが溶けているが、土の正荷電は非常に小さく陰イオン吸着されないため、雨が降ると地下水へ流れ出してしまふ。特に作物によって吸収されず土に残った硝酸イオンは降雨とともに下層へ浸透し、最終的には地下水や河川水を汚染してしまうことになる。

土に含まれるアルミと直接結合する特異吸着

リン酸は硝酸イオンなどと同じ陰イオンであるが、他の陰イオンとは異なり、土の中で動かなくなると水に溶け出さなくなり、作物が吸収できなくなる現象が起きる。土の中で動かなくなることを「リン酸の固定」と呼んでいる。

リン酸の固定には吸着と沈殿の2つのメカニズムがあり、北海道の農業にとって重要なのは吸着である。

図2 黒ボク土に含まれる粘土鉱物の表面へのリン酸イオンの特異吸着（水に溶けているリン酸イオン（H₂PO₄⁻）が水酸基（OH）と入れ替わって鉱物のアルミニウム（Al）と結合してしまう）

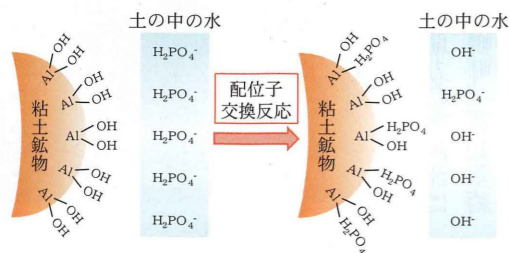
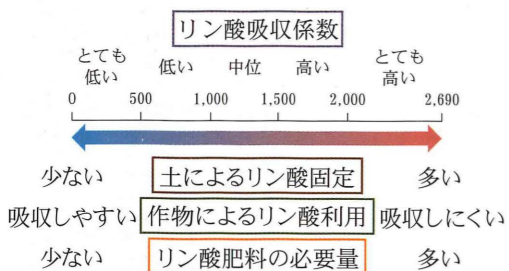


図3 リン酸吸収係数と土によるリン酸固定、作物によるリン酸利用、リン酸肥料の必要量の関係



方 が 深 刻 な 問 題 で あ る 。 吸 収 係 数 1500 超 の 世 界 で 珍 し い 黒 ボ ク 土

10月号で解説したように北海道の農業にとって大きな問題は、火山灰からできた黒ボク土がリン酸を吸着してしまい、多くのリン酸が水に溶け出さなくなると作物に利用されなくなることである。リン酸を吸着したり不溶化したりして固定する土の能力は、土壌診断票にリン酸吸収係数という数字で示されている。

リン酸吸収係数は、最小が0、最大が2690であり、この値が大きいほど、土によるリン酸固定が多いことを意味する（図3）。リン酸吸収係数は土の成り立ちや元々の特性を大きく反映するため、大きく変化することはめったにない。この値が1500を超えるとリン酸固定が多く、2000を超えると非常に多いことを意味する。表層の土のリン酸吸収係数が

1500を超えると黒ボク土に分類される。一方、リン酸吸収係数が1000を下回るとリン酸固定は少なく、500未満であれば非常に少ない。

リン酸吸収係数が高いということは、土にリン酸が固定されやすいため、作物はリン酸を吸収しにくくなり、結果としてリン酸施肥量を多くする必要がある。逆にリン酸吸収係数が低ければ、土にリン酸が固定されないため、作物はリン酸を吸収しやすく、施肥量は少なくて済む（図3）。

これまでに世界のいろいろな土のリン酸吸収係数を調べてみたが、1500を超えるのは日本の黒ボク土とインドネシアの火山性土だけである。熱帯の赤い土、乾燥帯の黒い土、オーストラリアやタイなどのさまざまな土を調べても、リン酸吸収係数が1000を超える土は一切見ることがない。リン酸の固定が起るために、リン酸肥料を多施用する必要があるのは、世界的にも珍しい。

例えば北海道の火山性土で生食用馬鈴しょを栽培する場合、リン酸肥料の施肥標準は10kg当たり20kgであるが、アメリカ・ウイスコンシン州の砂質土では同1・1kg程度である。土によるリン酸固定が問題にならない国や地域では、リン酸施肥量は極めて少ないのが常識なのである。

吸収係数が低い土でも多施用は本当に必要なか

北海道の農耕地は火山性土、低地土、台地土および泥炭土に大きく分類される。火山性土の黒ボク土ではリン酸固定が起るため、リン酸肥料の多施用が推奨されてきたことは理解できる。しかし北海道の農耕地の約60%を占める低地土、台地土、泥炭土はリン酸吸収係数が1000を下回る場合がほとんどであり、リン酸固定は問題にならない。そんな土でもリン酸肥料の多施用が本当に必要なのであろうか。リン酸源の節約や有効利用は世界共通の課題である。