

土の「基本」に立ち返る

蓄積したリン酸は使えるか

一部の作物の根や微生物に溶かし出す「能力」はあるが

今回は畑の土、特に黒ボク土には大量の難溶性リン酸が蓄積している実態について説明した。土の中に蓄積しているリン酸を作物が吸収することはできるのだろうか。できるとすれば、どのようにすればいいのだろうか。今回は畑の土に蓄積している難溶性リン酸を取り出す可能性について解説する。

取り出せば宝の山
しかし大半は難溶性

十勝地域の黒ボク土畑土壌では、10㎡当たり800

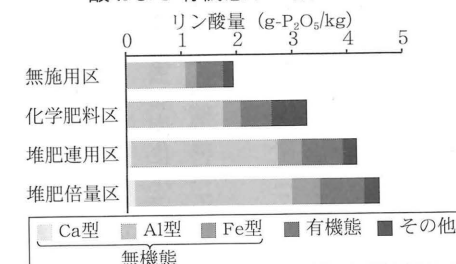
帯広畜産大学
グローバルグロメディシン
研究センター教授

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。



図1 十勝農業試験場の連用圃場から採取した表層土壌における形態別無機態リン酸および有機態リン酸



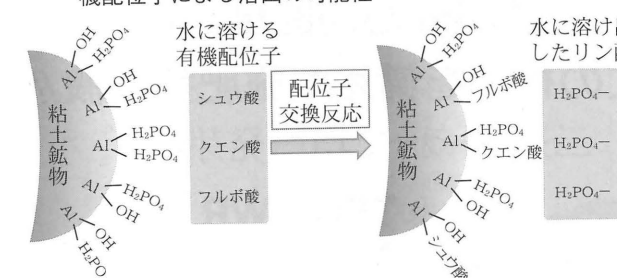
キログラムあるいは9000キログラムのリン酸が蓄積していることを前回説明した。これまで50年以上にわたってリン酸肥料や堆肥などを継続的に施用してきた圃場では、同程度のリン酸が蓄積していると考えてよい。小麦や馬鈴しょなどの一般的な作物は、1年間に10㎡当たり2キログラム程度のリン酸を吸収できれば十分で、土にたまったリン酸を取り出せば、4000年分以上になる。まさに宝の山である。

しかし、蓄積した多量のリン酸のうち、作物が利用できる可能性が高い有効態リン酸の割合はたったの3〜5%で、残りの95〜97%は利用できる可能性が著しく低い難溶性リン酸である。果たして、どのような形態のリン酸が土にたまっているのだろうか。

堆肥を連用すると
わずかに有効態が増加

道立十勝農業試験場（現在の道総研十勝農業試験場）に1975年から設置された化学肥料や堆肥の長期連用圃場で、試験開始から25年経過した2000年

図2 粘土鉱物の表面に特異吸着されたリン酸イオンの溶存有機配位子による溶出の可能性



鉱物のアルミニウム (Al) と結合したリン酸イオン (H₂PO₄⁻) が水に溶けるシュウ酸、クエン酸、フルボ酸などの有機配位子 (溶存有機配位子) と入れ替わって水に溶け出す

図1を見ると、化学肥料を施用し続けることで無機態リン酸が増え、特にAl (アルミニウム) 型リン酸が増えているのが明らかである。Al型リン酸は19年11月号で説明したように、黒ボク土などに

いとか、堆肥を連用し続けるとか、実際の生産者圃場ではあり得ないことではあるが、あくまでも試験として行われた結果である。

に表層土を採取し、含まれるリン酸の形態を調べた (図1)。無施用区は化学肥料や堆肥を一切施用しないで4年輪作を続けた区、化学肥料区は各作物の施肥標準量に相当する化学肥料を施用し続けた区、堆肥連用区は化学肥料に加えて牛糞バーク堆肥を10㎡当たり1・5t施用し続けた区、堆肥倍量区は化学肥料に加えて同堆肥を10㎡当たり3t施用し続けた区である。化学肥料を全く施用しないとか、堆肥を連用し続けるとか、実際の生産者圃場ではあり得ないことではあるが、あくまでも試験として行われた結果である。

含まれるアロフェンやイモゴライトなどの特殊な粘土鉱物の表面にあるAlと直接的に結合したリン酸で、ほとんど水に溶け出さず、作物にとっては利用できない (図2)。

化学肥料に加えて堆肥を連用した場合、わずかではあるがCa型リン酸が増えている。これが有効態リン酸と呼ばれる部分で、作物が吸収できる可能性が高い。驚きなのは、堆肥のような有機質肥料を施用しているにもかかわらず、有機態リン酸だけでなく、無機態のAl型リン酸が増えることである。実は、堆肥に含まれるリン酸は化学肥料に含まれる水溶性リン酸やク溶性リン酸と類似した形態で、堆肥を施用しても増えるのは主にAl型リン酸なのである。

アルミとの結合を外す
鍵は水に溶ける有機物

畑の土に蓄積している難溶性リン酸の多くはAl型リン酸で、鉱物の表面にあるAlと直接的に結合している

特定の微生物だけを
増やすのはあり得ない

ため水に溶け出さない (図2左)。この結合を外せる鍵が水に溶ける有機物の一種、少し難しい言葉ではあるが「溶存有機配位子」と呼ばれるものだ。

そばは痩せ地でもよく育つといわれている。そばは根からシュウ酸という溶存有機配位子を出し、Alと結合したリン酸を溶かし出して吸収できることが知られている (図2右)。一部の作物は根からクエン酸やリンゴ酸などの溶存有機配位子を出すことによって、難溶性リン酸を溶かし出せることが知られているが、ほとんどの作物にはそのような能力は認められていない。一般的な農業書などには、作物の根が「根酸」を出してリン酸や他の養分を溶かし出せると書いてあるが、あくまで一部の特殊な作物だけの能力である。

溶かし出せる種類が存在する。特に菌根菌と呼ばれるキノコやカビの仲間の菌は菌糸からクエン酸などを出して、難溶性リン酸を溶かし出したり、土の鉱物から養分を溶かし出したりして、作物に養分を供給する能力があると知られている。菌根菌は養分を溶かし出して作物に与える代わりに、作物から炭水化物などの栄養を受け取る共生関係が成り立っている。

菌根菌以外にも、土の中には溶存有機配位子を出して難溶性リン酸を溶かす能力を持つている糸状菌 (カビ) や細菌がいる。そのような能力を持った微生物を人工的に培養して増やし、土の中に入れば難溶性リン酸を溶かし出せるかといえば、現実には不可能である。土の中にはもともと無数の微生物がおり、特定の微生物を入れて増やすことはあり得ないことなのである。難溶性リン酸を溶かせるリン酸溶解系細菌の一種を土に入れる実験をしてみたところ、どれだけ入れても

も数日後にはその菌は全くいなくなった。これが事実である。

フルボ酸も能力持つが
期待できないレベル

堆肥や泥炭などの中には、フルボ酸と呼ばれる溶存有機配位子が多く含まれている。フルボ酸は土の中にも含まれている腐植物質の一種で、その一部は水の中に溶け出し、クエン酸やシュウ酸などと同様に難溶性リン酸を溶かし出す能力を持つている (図2右)。

好氣的な発酵を行った堆肥には、水に溶ける溶存腐植物質が多く含まれている。その中でも分子サイズが小さくて反応性が高いフルボ酸が鉄などの微量元素を溶かし出し、「鉄-フルボ酸キレート」として養分を供給する働きがあることを18年2月号で解説した。しかし実際の畑の土に含まれる水に溶けているフルボ酸の濃度は低く、難溶性リン酸を溶かし出す能力はほとんど期待できないレベルである。

理論的には可能でも
現実的には不可能

一部の作物の根や微生物が出すシュウ酸やクエン酸などの溶存有機配位子は難溶性リン酸を溶かし出す能力を持つが、実際には作物が吸収するリン酸を十分に供給できない。理論的には可能でも、現実的には不可能と考えた方がいい。堆肥や泥炭などに含まれるフルボ酸も、堆肥などを連用すると濃度が増加するが、難溶性リン酸を溶かす能力はあまり高くなく、リン酸の吸着を抑える程度である。

土の中に作物が吸収できるリン酸が少ない状態、つまりリン酸が本場に不足している状態であれば、作物も微生物も持っている能力を発揮しない。窒素肥料を入れたり、土に作物が吸収できる窒素が多かったりすると、根粒菌がほとんど働かないのと同じである。今回は畑の土でリン酸が欠乏しているのか、過剰なリン酸施肥が本当に必要なのかについて説明する。