

自分の畑は自分で診断する

これなら分かる「王と肥料」の実践講座

第5回



農業コンサルタント「プリティローズ」主幹 関 祐二

1953年静岡県生まれ。東京農業大学において実際に即した土壌学にふれる。75年より農業を営む。営農を続ける中で、実際の現場に、いかに土壌・肥料の知識が普及していないかを知る。現場の実際に即した農業技術を民間からも普及する必要性を痛感し、84年から土壌・肥料を中心とした農業コンサルタントを始める。

〒421-03静岡県榛原郡吉田町川尻304616 ☎0548(32)2758 FAX0548(32)9229

土の働き土はどこうやって肥料を吸着するのか

錬金術に学ぶ二つの姿勢

ヨーロッパでは一五世紀ごろまで、「錬金術」というものが盛んだった。鉛やスズのような金属を、何とか「純金」に変えようとするのが錬金術である。いまから考えれば、荒唐無稽な無謀な試みである。

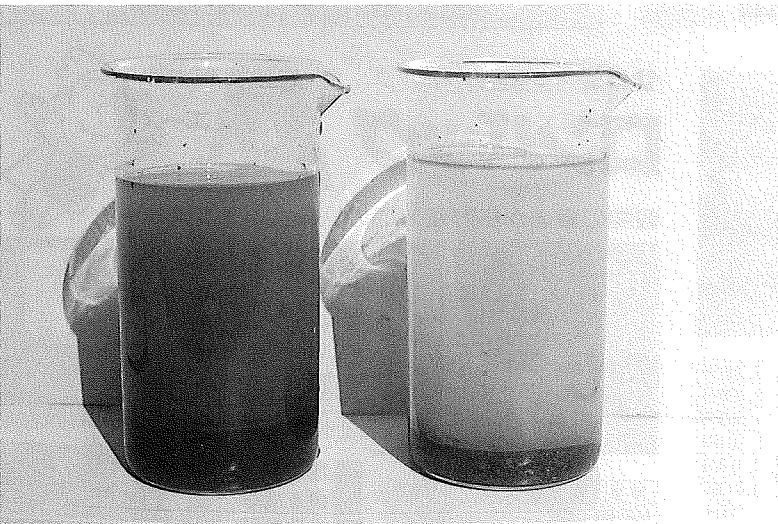
金にあらずの物質に、まことしやかに薬品を加えてみたり、熱や圧力をかけたたりして、何とか金を作り出そうと、「一獲千金」をねらったのである。当時、「錬金術師」といわれた人びとは、その目的のために危険な実験もちゅうちよしなかつた。そのために事故も起こり、けがややけどはめずらしくなかつたようだ。

結果としては、もちろん、鉛やスズが金に変わったわけではなかつた。投入された多くの労力や犠牲は無駄だったように、現代人には思える。そして、人間の欲望というものすこさにも驚かされる。

しかし、この錬金術という試行錯誤は決して、歴史のあだ花ではなかつた。後の世に花開く「近代化学」のたいへん重要な基礎をつくってくれたのである。この多くの犠牲によって培われた近代化学は、今日私たちのさまざまな分野で貢献

してきたのである。その意味では、かつての錬金術師たちは、まさに鉛を金に変えたと言えるだろう。

中世ヨーロッパの錬金術の歴史的教訓



沈殿しないので、ビーカーの中に漂っている土のコロイド。左が壤土、右が砂土。

の第一は、周りの人びとに、たとえ夢、幻といわれようと、目標ある試みに挑戦し続けると、その過程の中でさまざまな改良や発明がうまれるということである。現在の農業者に、彼ら錬金術師たち

のような、確固たる「到達目標」を持つて経営を続けている人が、果たしてどれくらいいるだろうか？

目標を持つ。それは、農業経営にとつてもたいへん大事なことである。とくに作柄の安定と向上をめざすうえで、土壌改良についての「改良目標値」を持つことは、そのキープポイントである。

錬金術から第二に学ぶべきことは、先人の教訓を自分なりに加工改良するという姿勢である。彼らに劣らぬ姿勢を、私たち農業者は持っているだろうか？

作物が生育する圃場は、農業者にとつては、数多くの教材に恵まれた、いわば「大学」である。例えば、同じように管理しているのに、作物の生育は決し

て一様ではない。土性や周りの環境によつて、作物は同じ圃場であっても、違った生育を見せる。その違いから、私たちは次の栽培の改良点や工夫すべきものが何なのかを洞察することができているが、果たして、そうした姿勢を持っているだろうか。

土の保肥力

肥料を与えた直後でもなぜ濃度障害が起きないのか？

前回の第4回では、土の正体を「土のでき方」から調べてみた。土の正体が分かつたところで、いよいよ土がどのような働きをするのか、その機能を見ていこう。その第一は、「土の保肥」という現象である。

水田に例をとつてみる。元肥をどこか一定の面積を施用しないで、代かき、田植えと順次進め、生育を見てみると、その元肥を施さなかつた場所は、肥料不足を起こしてしまい、なおかつその境が明瞭であることに驚かされる(図1)。

この現象をよく考えてみよう。施用した肥料はすぐ水に溶けるものであるから、少しの面積がふつてなくても田に水を入れ代かきして中の水が動けば、当然溶けた肥料も移動して全体に均一になつてしまうと考えられなくもない。しかし、実際は違う。施した所からほとんど移動していないのだ。

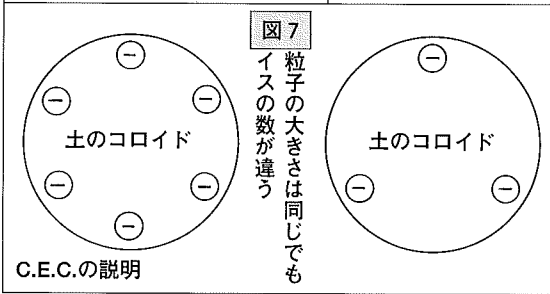
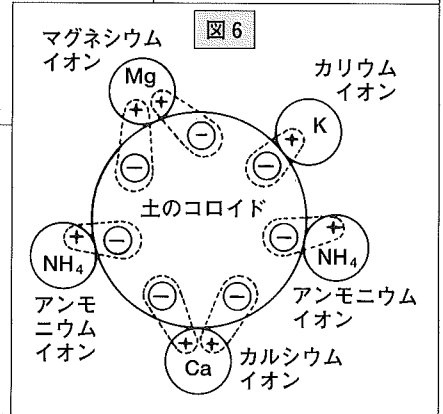
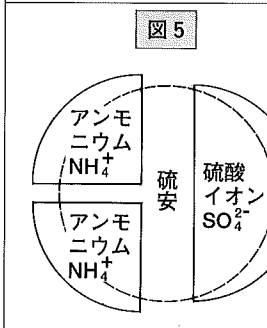
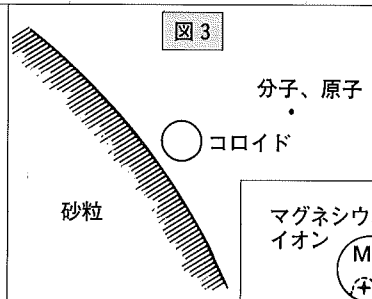
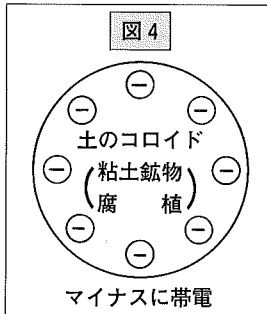
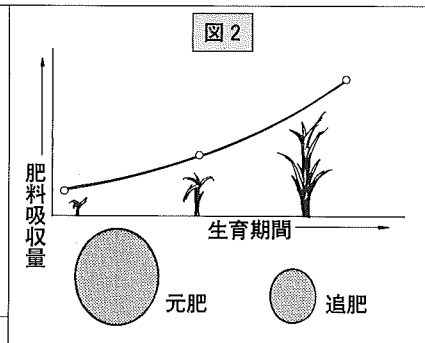
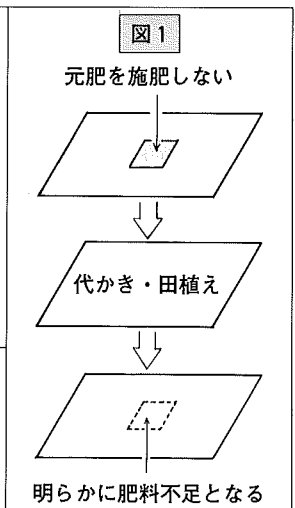
さらに、肥料濃度で考えても、元肥量を全施用量の半分ぐらいたと仮定すると、田植え後、肥料の濃度障害が起きても不思議ではない。さらに畑でもそうだが、肥料の施用される量と、生育中の吸収量のカーブは逆になっている場合が多いにもかかわらず、濃度障害は起きない(図2)。

この矛盾はおそらく、土が持っている何らかの機能によって解決されているはずである。水が出入りしている水田の場合、なおさらそうではないだろうか？土が持つ、濃度障害を起こさせない機能、それが土の「保肥力」である。

保肥力のメカニズム 土のコロイド(マイナス荷電)が 肥料成分(プラスイオン)を引きつける

この重要な土の機能「保肥力」を担っているのが、前回の第4回で説明した粘土鉱物と腐植という土の二つの主役である。まずガラス容器に水を入れ、それに土を加えてよくかき回すと、泥水ができる。これをそのままにしておくと、重い粒子から順に沈みはじめる、さらに観察していると、かなりの粒子が沈んでしまっても、いつまでも水の中に漂って沈まないものがある(写真参照)。この状態は化学でいう「分散」であり、この漂っている粒子そのものを「コロイド粒子」という。この場合、土の粒子なので、「土のコロイド」と呼んでいる。

コロイドという言葉は、物の大きさというより小ささを指すことばで、分子や原子は一億分の一cm程度だが、コロイドとは一〇万分の五から一〇〇〇万分の一cm程度の大きさのものである(図3)。



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化学的性質が違い、特有の性質を示す。さて、土のコロイドに話をもどして、この非常に小さい土の粒子が肥料分を保持するわけだが、それは、どんなメカニズムで行われるかを説明していこう。このコロイド粒子は、理化学的に見るとマイナスの電気を帯びている(図4)。これを帯電という。これに対して肥料成

分は一般にプラスの電気を持った小さな小さな粒とってよい。つまり、プラスイオンである。例えば窒素ではアンモニウムイオン(NH₄⁺)、カリではカリウムイオン(K⁺)、石灰はカルシウムイオン(Ca²⁺)、苦土マグネシウムイオン(Mg²⁺)は、ともに二つの電気を持つイオンである。一つの電気を持つイオンを一個のイオン、二つの電気を持つものを二個のイオンと呼ぶ(図5)。

肥料は、硫酸では水に溶けると、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るが、このうちのプラスの電気の粒子のアンモニウムイオンが、土のコロイド、すなわちマイナスの電気を持った粒子に静電的に吸着される(図6)。この反応によって、アンモニウムという肥料分が土に保持されるのである。このようにプラスの電気をもった肥料成分を「塩基」といい、マイナスの電気をもった土の粒子に吸着される現象を「塩基の吸着」という。土にこの機能があるので、肥料分が水に流されず、またある程度多量に施しても濃度障害を起こさないのである。これに対して、例えばロックウールにはこの肥料吸着力がないので、一度に多量の成分を与えることができず、うすい液肥を少しずつ与える方法が必要となるのである。

塩基交換容量は肥料が座れるイオンの数で決まる

いちがいに土といっても、その種類によって肥料を吸着する能力に違いがあるので、次にその話に移ろう。

土のコロイドの説明のところ、プラスの記号が一つ(+)、もしくは二つ(++)あるイオンがあったが、土もその種類によって、マイナスの数に違いがあると考えてみてほしい。ちょうど、テールに備えつけられているイオンがマイナス記号で、そこにプラスの電気をもった肥料分がすわると仮定すると、このイオンの数が多い土は、たくさん肥料分を保持できるし、少なければ少しの肥料分しか保持できないことになるのだ(図7)。

ちよつと難しい言葉になるが、土が肥料分を保持できる容量のことを、「塩基交換容量・CEC (Cation Exchange Capacity)」と呼んでいる。土が肥料を抱え持つことができる「土の胃袋の大きさ」と考えると分かりやすいだろう。

CECとよく似た用語に、ECというものがある。これは、土の電気伝導度を表すもの。つまり、土壤溶液に含まれる肥料分などの塩類は電解質であり、電流をよく通す。したがって、伝導度を計ることによって、土壌中の塩類濃度を計ることができるといわれる。ECとは、その度合いを示す指標である。

したがって、CECとECは全く違う指標である。CECの単位は、ミリグラム当量me/100gという表し方をする。この数値が小さいと保肥力は小さく、大きければ肥持ちのよい土ということになるのである。日本の耕地の平均値は、20me/100gくらいである。

粘土鉱物と腐植で CECは決まる

この保肥力が、土のコロイド、すなわち粘土鉱物と腐植によって生じていることを先ほど見てきた。したがって、土がどんな粘土鉱物をどの程度含んでいるか、そして腐植についても、どんな形態のものをもどの程度含んでいるかによって、CECの数値、つまり土の胃袋の大きさが決まってくるのである。

例えば、砂地では粘土鉱物も腐植も少ないため、CECは二〜六くらいしかない(表1参照)。したがって、施肥には注意が必要で、一度に多くの肥料を施すと濃度障害を起こしたり、流亡を起こす

のである。また、砂地のハウス栽培では、施設内の地温が高く、かん水によって乾燥と湿潤を繰り返す環境にあることから、腐植の分解が早く、その保肥力を維持するのが難しい。

さらに砂地では、pHが適正であっても、石灰や苦土、それに微量要素のホウ素などが円滑に供給されないために、作物に欠乏症が出る事が多い。したがって、水溶性の石灰や苦土肥料、ホウ素入りの肥料を使うなどの工夫が必要であり、これらの葉面散布も効果的である。

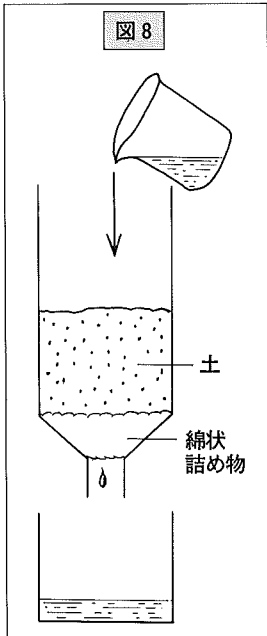
表1 CECは火山灰土で比較的高く、砂地で著しく低い

	CEC me/100g	交換性塩基			腐植 %
		CaO mg/100g	MgO mg/100g	K ₂ O mg/100g	
火山灰土 (a)	24.8	284.4	29.5	61.1	—
火山灰土 (b)	24.9	274.8	28.5	40.8	—
砂地 (a)	6.0	66.2	4.5	10.0	0.71
砂地 (b)	5.0	78.8	4.7	17.7	0.25

注1) 火山灰土(a)、(b)は、いずれも茨城県、高松求さんの雑草跡地に陸稲を栽培した圃場(本誌第4号に紹介)。砂地(a)、(b)は、いずれも茨城県、池田吉宏さんの砂地、ジャガイモを栽培した圃場(第3号に紹介)。
注2) 分析は、いずれも雪印種苗株による。

表2 代表的な粘土鉱物の CEC

粘土鉱物の種類	CEC me/100g
モンモリロナイト	120~60
カオリナイト	15~3
アロフェン	40~20



化学性の分析値は すべてではない

このように、砂地土壌の化学性は欠点が多く、肥沃土という尺度では、たいへん劣悪である。にもかかわらず、全国の砂地帯には、古くから優良な野菜や花きの産地が多数存在している。それは、なぜなのだろうか? そのわけは、砂の持つ物理性の素晴らしさが、化学性の欠点をカバーしていると思われる。化学性がすべてではないのである。そこが、土のおもしろいところでもある。

さらに、このことは、実際に作物を栽培する農業者にとっては、もう一つの大事なことを教えてくれている。つまり、「実際の土の生産力」と「土の良否を示す化学分析値」のあいだには大きなギャップもありうるということである。普及員や農協などが示す数値データは、万能ではない。あくまでも、土の化学性を示すものでしかないのである。

しかも、化学分析データには、もう一つの問題もひそんでいる。このことも、よく理解してほしい。その実際の問題点を、測定方法から洞察してみよう。

CEC数値が高くても 吸着力が弱いというトリック

話、再び保肥について。火山灰土で農業をしている人は多いと思うが、火山灰土のCECは高い。二五〜四〇くらいある。その理由は、火山灰土特有の粘土鉱物アロフェン(第4回参照)にあり、また表層に多くの腐植を含むことが多い

つまり、土を薬品に反応させることによって測定するのである。いわば、容器の中で、土は強制的に反応しており、その土が持つCECの最大値を示す。ところが、実際の圃場では、土壌水分にばらつきがあったり、物理性にばらつきがあったりして、最大値のCECを示すことはまずないのである。つまり、土の持つ化学的機能≠化学性をどの程度まで発揮させることができるかは、その土の持つ物理性が決め手となるわけである。化学性の分析値だけでは、土の調査にはならないのである。分析値が、全項目で適正域なのに、作物がうまくできないと首をかしげ、化学分析が役に立たないと決めつけてしまった人も多いだろう。あるいは、化学性では不良土と判定されても、作土の深さや排水に気をつけることによって、高い生産力を上げているところもたくさんあるのだ。

だからこそ、「土を調べる第一歩は、土壌断面調査だ!」と、声を大にして言いたいのである。断面調査は、穴を掘ることによって、耕盤層の存在や硬さだけでなく、その色や湿り具合などによって、その圃場の状態(症状)がよく分かるのである。土壌断面は、圃場の健康度を示すバロメータなのである。

からである。

ところが、火山灰土はカリやアンモニアの保持力がきわめて弱い。この欠点は、カリ不足を嫌うイモ類の栽培やアンモニア窒素を好むネギなどの栽培では、とくに留意しなければならない。その対策には、砂地と同様、天然ゼオライト(CEC一五〇以上)の施用が効果的だ。

CECは、土が保持できる肥料分の総量の尺度であり、単に、物質が静電的に他の物質を引きつける力の強弱とは、おのずと違うことも、知っておいてほしい。例えば、腐植のCECは測定すると大きな数値が出るが、これは静電的にはたいへん弱い力でしか吸着していない。したがって、黒ボク土壌の分析値を見るとときには、とくに注意してほしい。

塩基交換

土のコロイドは肥料分を放出もする

施した肥料が土が吸着保持してしまっただけでは、作物は肥料を吸収できない。ところが、作物の吸収に応じて、土はうまくい具合に吸着保持した肥料分を、順次放出しているのである。

土のコロイドから肥料分が放出されると、同じコロイドのマイナスイオンがプラスイオンが入ってきて、土は常に全体として電気的中性を保っている。この現象を「塩基交換」という。この現象も、土を考えるうえで大切なことである。つまり、土には外からの変化に対して、常に安定を保つ働きがあるということである。作物の根は、土のこの働きによって、施肥や酸性雨などのさまざまな外的変化を受けても、一定の良好な状態を保つことができるのである。

このように、土のコロイドである粘土鉱物と腐植は、塩基(肥料分)の吸着・交換という土の化学的働きの中核をなしている。「土の主役」といわれるのも、この大事な働きによるのである。

ところが、農業の現場では、このことがあまり理解されていない。そのために、CECを土壌分析項目の中に入れて、土に吸着されている石灰(Ca)、苦土(Mg)、カリ(K)、ナトリウム(Na)の四種類の塩基の数値のみを記しているようなことがまかり通っているのだ。これは、明らかに片手落ちである。

最後に、保肥力を改善する方向についてまとめておこう。

砂地や火山灰土などのハンディキャップを持つている土壌では、ゼオライトのような改良資材が販売されているので、それらを使うのはきわめて有効なことである。ところが、コスト面などを考えると、育苗など限られた面積の利用にはいいだろうが、広い露地栽培では問題があるのではない。したがって、保肥力の低い圃場では、その作土を深く保つことで改良をはかる方が得策といえるだろう。

以上のように、土の正体、そして粘土鉱物や腐植など「土の主役」の働きを理解すれば、CECという一見難しく思える数値も決して難解なものではない。用語や数値の難しさに惑わされてはいけないう。「土の化学」を自らのものにして、かつての錬金術師たちのような、たくましさを取り戻したいものである。

今回は、塩基交換や塩基のバランスについて、詳しく見ていこう。

「訂正」前号31ページ3段目14行目の「無機能」は「無機態」の誤りでした。

第1回 平成6年5月26日(木)いよいよ開校!!

農業経営者のための実践土壌肥料学セミナー

特別テーマ 火山灰土壌での野菜作

講師：関 祐二氏 (本誌連載執筆者・農業コンサルタント)

このセミナーは、「土とは何か?」という疑問から出発する「実践的土壌肥料学講座」である。講師は、本誌連載「自分の畑は自分で診断する」を執筆する関祐二氏である。「単なる知識」としてではなく、「答だけを教わる指導」でもなく、「技術選択の何故?」を自らに問おうとする、農業経営者のための講座である。また、そのつど、メーカーの協力を得て関連商品、関連技術の情報収集・研修の場とするとともに、参加経営者の交流の場とした。第1回目の特別テーマには、「火山灰土での野菜作」を取り上げ、その総合チェックを考える。土壌障害に悩む方はもちろん、改めて土壌学の基礎を学びたいという方のご参加を求める。

★土壌肥料の実践的知識として、以下の内容の講義と実習を行う。

【基礎編】

- ①土の組成/土の生成 土の正体 土の三相
- ②土の反応(その1)/土のコロイド 塩基の吸着 交換現象 塩基交換容量 塩基交換侵入力 塩基飽和度 塩基バランス 交換性塩基
- ③土の反応(その2)/陰イオンの動き 土の酸性 土のpH 土の緩衝作用 土壌溶液
- ④土の中の水と空気/粒径組成 孔隙 PF 圃場容水量 土壌空気
- ⑤土の中の微生物

【応用編】

- ①土壌調査/ピットの掘り方 断面の観察法 分析サンプルの取り方
- ②分析数値の解析(分析機器・設備の解説を含む)

【特別テーマ】

- ①火山灰土の特性とその改良技術 特有の粘土鉱物と腐植 極端な固相率の低さ リン酸対策
- ②野菜の栄養生理と施肥改善

●主 催：(株)農業技術通信社『季刊 農業経営者』編集部
 ●協力企業：雪印種苗(株)・スガノ農機(株)アラヤ・大起理化学工業(株) 他
 ■お問い合わせ・お申し込みは『季刊 農業経営者』編集部まで
 (株)農業技術通信社「季刊 農業経営者」編集部
 〒169 東京都新宿区高田馬場4-30-19 TEL.03-3360-2697
 FAX.03-3360-2698

●日時：平成6年5月26日(木)PM1時～
 27日(金)PM4時迄
 ●会場：雪印種苗(株)千葉研究農場
 (千葉市稲毛区長沼原町634)
 ●受講料：25,000円(受講料・宿泊費・食事代・交流会費を含む)
 ●募集人員：先着50名様