



土と施肥の基礎知識

⑨ その

土の化学性② CEC (土の胃袋)

東京農業大学 名誉教授 後藤 逸男
全国土の会 会長



1950年生まれ。東京農業大学大学院修士課程を修了後、同大学の助手を経て95年より教授に就任し、2015年3月まで教鞭を執る。土壌学および肥料学を専門分野とし、農業生産現場に密着した実践的土壌学を目指す。89年に農家のための土と肥料の研究会「全国土の会」を立ち上げ、野菜・花き生産地の土壌診断と施肥改善対策の普及に尽力し続けている。現在は東京農業大学名誉教授、全国土の会会長。

1. 土も「腹八分目」が健康

人に胃袋があるように、土にも養分を蓄えるしくみがある。人の胃袋はまさに袋で、その中に食べたものがたまるが、土の場合は少し違う。土の胃袋は陽イオン交換容量（CEC）と呼ばれ、図1のようにその表面がマイナスに帯電しているため、そこに石灰・苦土・カリ・アルミニウムなどの陽イオンが電気的に吸着される。その概念を人の胃袋に例えただけで、実際に袋状のものは存在しない。

土の胃袋の表面に吸着される陽イオンを交換性陽イオンという。そのうち、石灰・苦土・カリを交換性塩基と呼び、土の中では塩基性（アルカリ性）を示す。一方、交換性アルミニウムは酸性を示す陽イオンで、これと交換性塩基と割合により土のpHが左右される。

石灰・苦土・カリは植物の必須要素でもあるが、多くなりすぎると土が塩基性に傾き、微量元素欠乏により作物の生育が阻害される。逆に、交換性アルミニウムが増えると、土が酸性に傾くとともに、根の生育を著しく阻害する。

CECに占める交換性塩基の割合（塩基飽和度）が80%程度、交換性アルミニウムが20%程度の状態が

「腹八分目」で、多くの作物が最もよく生育する。そのような状態の土のpHを測定すると6・0〜6・5を示すことから、我が国の土壌学ではその範囲の土を中性と見なすことにしている。人と同じように、土も「腹八分目」が健康によい。なお、土の胃袋を科学的に表現した用語が「土のコロイド」である。

2. 土の胃袋には 大小と強弱がある

土の中でCECの機能を持つ成分は粘土と腐植である。したがって、CECの大きさは土性（砂と粘土の混ざり具合）と腐植含有量、それに粘土の中に含まれる粘土鉱物の種類により決まる。

海岸近くの砂丘地ではCECが5程度以下と小さく、腐植を多量に含む黒ボク土では40以上にも達する。通常、土のCECは15程度以上が最適値とされるが、大きいだけが能ではない。

CECには大小のほかに強弱があり、腐植自体は大きなCECを持つが、塩基類の吸着力は粘土より弱い。粘土は腐植より吸着力は強いが、そのなかでもモンモリロナイトのようにな2・1型粘土鉱物はCECが100内外と大きく、塩基類の吸着力も強い。モンモリロナイトは世界で最

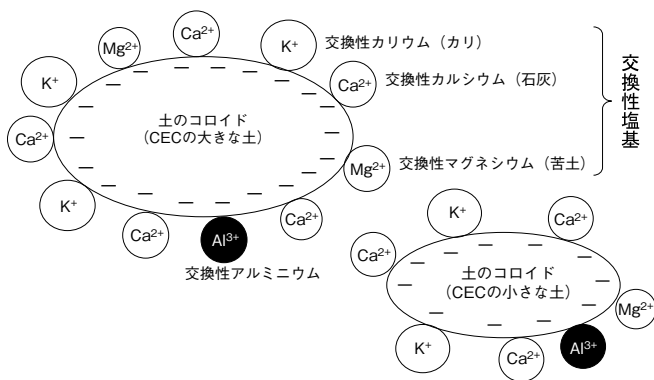
も肥沃なチェルノーゼムに多く含まれる粘土鉱物で、優良粘土と呼ばれるが、残念ながら日本の土の中にはほとんど含まれていない。日本の土に多く含まれるハロイサイトのような1・1型粘土鉱物のCECは、モンモリロナイトの10分の1程度に過ぎず、吸着力も弱い。

CECの強弱の違いは粘土鉱物の構造に関係する。土の表面にマイナスに帯電する電荷を陰電荷と呼ぶが、これが強力なほど吸着力が大きくなるからだ。

たとえば、図2の2・1型粘土鉱物のように2枚のケイ酸四面体に挟まれたアルミナ八面体層中には強力な陰電荷が発生するが、1・1型粘土鉱物のアルミナ八面体層中には発生しない。どちらの粘土鉱物もトン板を2枚あるいは3枚重ねたような層状構造であるため、必ず端ができる。そのケイ酸四面体層の端には弱い陰電荷が発生する。また、黒ボク土に含まれるアロフェンは球状構造であるため端はないが、その表面に弱い陰電荷が発生する。

CECが強ければ、交換性塩基を強く引きつけるので、雨やかん水などでも流れにくい。逆にCECが弱いと土の胃袋から交換性塩基が外れやすく、作物に利用されずに地下に流れてしまう。交換性塩基が外れた

図1：CECの大きな土と小さな土（土のコロイドの概念図）

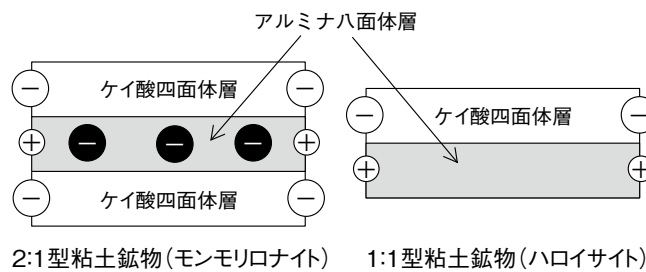


土のpHが酸性に傾くと、作物の根がアルミニウムイオンによる生育障害を受けるため、石灰資材を施用して酸性を改良することが土づくりの

3.日本の土は、酸性になるほどCECが小さくなる

土のpHが酸性に傾くと、作物の根がアルミニウムイオンによる生育障害を受けるため、石灰資材を施用して酸性を改良することが土づくりの

図2：層状粘土鉱物の構造と電荷の種類



●：永久陰電荷 ○：pH依存性陰電荷 ⊕：陽電荷

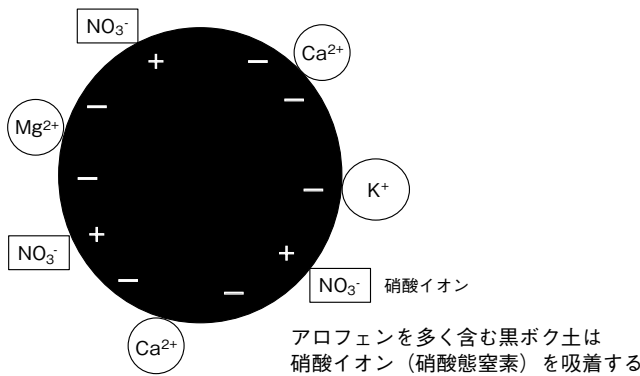
※陰電荷の周りには交換性陽イオンが吸着される(図示省略)

基本とされている。しかし、酸性の土を改良する理由はもう一つある。

じつは、土のCECはpHにより変化し、pHが低下するほど小さくなるのだ。そのメカニズムは少し複雑だが、土のCECを電磁石に例えたとわかりやすい。電磁石のコイルに流す電流を大きくすれば磁力が高まるように、pHが高まれば粘土鉱物や腐植内の陰電荷が増えてCECが大きくなり、pHが下がれば陰電荷が減る。このような陰電荷のことをpH依存性陰電荷という。

ちなみに、モンモリロナイトのA

図3：アロフェンの構造と電荷の種類



アロフェンを多く含む黒ボク土は硝酸イオン（硝酸態窒素）を吸着する

ルミナ八面体中の陰電荷は、pHによる影響を受けないので、永久陰電荷と呼ばれる。これは通電量によって磁力が変化する電磁石に対して、永久磁石に相当する。pHによりCECが変化する電磁石のような性質は、1・1型粘土鉱物やアロフェンを多く含む日本の土ほど大きいので酸性改良が重要となる。

土壌診断で示されるCECはpH7の場合の数値である。たとえば、CECが改善目標値の15であってもpHが5・5であれば、その土の真のCECは15より小さい。なお、CECには単位(meq / 100g) がある

黒ボク土は化学性が悪い土とのイメージが強いが、この点は非黒ボク土に優る。なお、AECに大小はあるが強弱はない。ちなみに、AECが最も大きな土はアロフェンを多く含む鹿沼土だ。鹿沼土は単に保水性に優れるだけの園芸用土ではない。その辺りの話はまたの機会に。

るが、生産現場では省略することが多い。

4.黒ボク土が持つもう一つの胃袋

土の胃袋にはCECのほかにAEC(陰イオン交換容量)という機能も備わっている。CECは胃袋の陰電荷に陽イオンが吸着されるのに対して、AECでは胃袋の表面がプラスに帯電し、陽電荷が発生する。その陽電荷に硝酸イオン(硝酸態窒素)・塩素イオン・硫酸イオンなどの陰イオンが吸着される。

2・1型と1・1型粘土鉱物では、陽電荷はアルミナ八面体層の端にわずかに存在しない。一方、図3のようにアロフェンでは球状構造の表面に、腐植では分子の表面に陰電荷と混在している。そのため、アロフェンを含む黒ボク土ではCECで陽イオンを、AECで硝酸イオンなどの陰イオンをともに蓄えることができる。