

File No. 18

土壌 CEC と保肥力

土壌 CEC（陽イオン交換容量、Cation Exchange Capacity）は、一定量の土壌が保持できる陽イオンの量を示すものである。測定方法としては、酢酸アンモニウム溶液を用い、土壌に付着している陽イオンをアンモニウムイオンで交換させ、過剰の酢酸アンモニウムをアルコールで洗浄後、塩化カリウム溶液でアンモニウムイオンを交換浸出したものについて、アンモニウムイオンを定量し、陽イオン交換容量を求める。土壌 CEC の単位は乾土 meq/100g である。

土壌は様々な物質を吸着する機能を持ち、自然界に一番大きい吸着能力を有する集合体である。土壌が陽イオンを吸着する仕組みは土壌コロイドにある。土壌コロイドとは、粘土鉱物、腐植物質および土壌溶液から析出した鉄、アルミニウム、マンガン、シリカなどの不溶性の酸化物や水酸化化合物などの直径数 nm～数 μm の微細な粒子状物質で、主に粘土鉱物と腐植、およびこれらが結合した複合体である。土壌コロイドは全体として一種の正と負の電荷を有する両性コロイドであるが、通常は表面に負電荷が優勢で、正の荷電をもつカルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウムなどの塩基類をクローン力で吸着し保持することができる（図 1）。

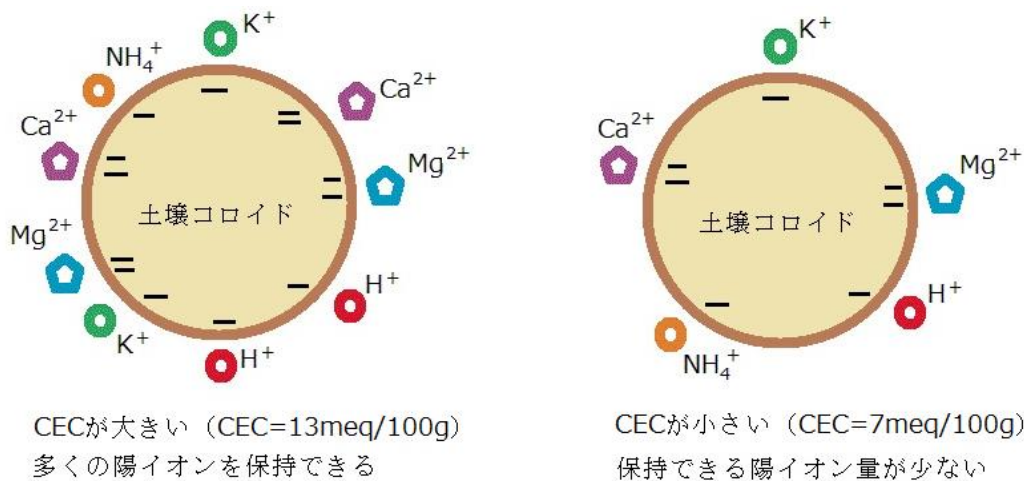


図 1. 土壌コロイドの陽イオン吸着模式図

表 1. 代表的な土壌の CEC

土壌種類	CEC (meq/100g)
砂丘未熟土	3～10
淡色黒ボク土	15～25
腐植質黒ボク土	20～30
多腐植質黒ボク土	30～40

水田や畑に施した肥料成分が土壌コロイドの陽イオン吸着機能の恩恵を受け、土壌に留

めておき、植物に吸収利用される。一般的に、CEC 値が大きいほど肥料成分の保持力が大きい、土壌 pH や EC の変動も緩和されるといわれ、保肥力と肥沃度の高い土壌である。表 1 は代表的な土壌の CEC を示すものである。

CEC は土壌コロイドを構成している粘土鉱物の種類と量、腐植量に大きく影響され、特定の粘土鉱物や腐植が多いほど CEC が大きくなり、砂質土壌や腐植の少ない土壌は CEC が小さくなる。表 2 は土壌成分を構成するいくつかの粘土鉱物及び腐植の CEC を示すものである。

粘土鉱物によって CEC が異なる理由は粘土鉱物結晶の比表面積が違うことと同形置換の有無によるものである。パーミキュライト、モンモリロナイト、アロフェンの CEC がほかの粘土鉱物より大きいのは結晶の比表面積が大きいのが理由のひとつである。また、測定時の pH によって得られた CEC が大きく変動することに気を付けたい。

表 2. 粘土鉱物と腐植の CEC

粘土鉱物種類	CEC (meq/100g)
カオリナイト	3～15
ハロイサイト	10～40
メタハロイサイト	5～10
イライト	10～40
パーミキュライト	100～150
モンモリロナイト	80～150
クロライト	10～40
アロフェン	30～200
腐植	30～280

CEC が大きければ、吸着できる陽イオンの量が多くなり、保肥力が高くなる。例えば、CEC の小さい砂質土壌の場合には、一度に全量施肥を行うと土壌にあまり吸着されず、植物に対して過剰な施肥になりやすいので、何回かに分けて施肥を行ったり、緩効性肥料を利用するなど必要がある。逆に、CEC の大きい腐植性埴壤土には、施用された肥料成分は吸着されて、流亡しにくく、施肥回数を減らすことができる。従って、土壌 CEC の値に合った施肥を行うことが重要であると言える。

一方、CEC は土壌を構成する粘土鉱物の種類と比率など元来の基本的な特性でほとんど決まってしまう値なので、CEC を増大させることは簡単なことではない。

CEC を大きくするには、CEC の大きい粘土鉱物やゼオライトなどと、堆肥などの有機物を施す方法がある。例えば、砂質土壌にベントナイト（モンモリロナイトを主成分とする粘土）のような粘土鉱物を客土するのは漏水防止の改良だけでなく、その保肥力も高める効果があるためである。但し、粘土などの添加では短期間に実効をあげるためにはかなり

の量が必要になり、有機物から腐植に変化させるにも時間がかかる。その意味で、CECを大きくするには毎年の積み重ねが重要である。

また、多量の有機物を施したが、分解が停滞し有機物のままではCECの測定値が大きくなる場合もある。しかし、CECには表れなくても、堆肥などを施用すると繊維質などで物理的に保水力が高まって、肥料成分も保持されやすくなり、保肥力そのものは高まる場合もある。

CECを大きくする簡便な手法は、腐植酸を施用することである。土壌中の腐植が1%増えると、CECは約2meq/100g大きくなることが実験で確認された。腐植酸、腐植酸苦土、腐植酸加里、腐植酸アンモニウムなど腐植を多量含む肥料や土改材を継続的に施し、土壌の腐植量を上げて保肥力の高い土壌に変えることができる。

土壌中の水素イオン (H^+) とナトリウムイオン (Na^+) を除き、その他の陽イオンは交換性塩基と呼ばれる。CECに対する交換性塩基が占めている割合を塩基飽和度という。CECが一定の場合、塩基飽和度が小さいほど水素イオン (H^+) の割合が多くなり、土壌は酸性が強くなり、大きいほど土壌は中性に近づき、さらに大きくなるとアルカリ性の土壌となる。その様子は図2に示す。

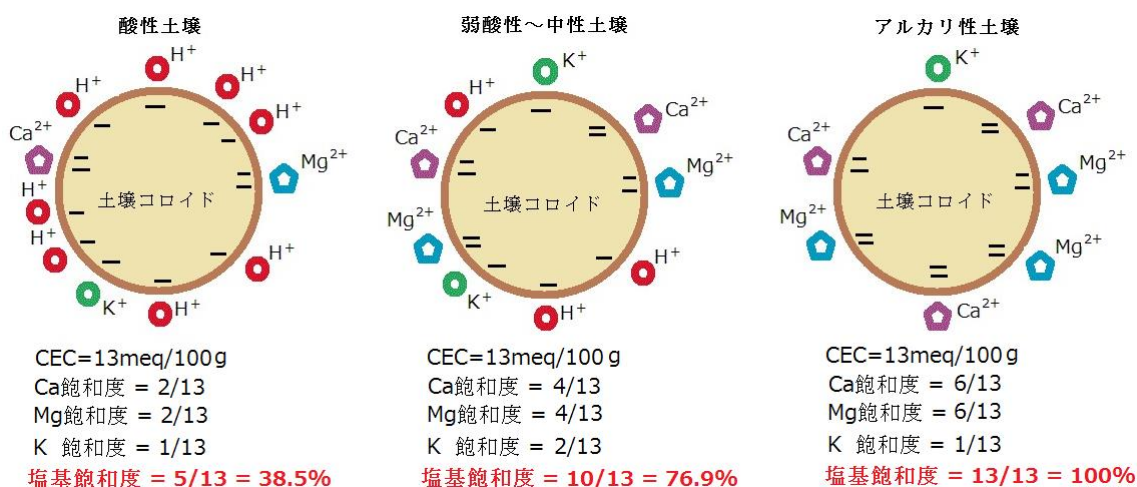


図2. 土壌CECと塩基飽和度の関係概念図

交換性塩基は植物にもっとも吸収利用されやすいことから、一般的に塩基飽和度の高い土壌は肥沃度の高い土壌である。但し、塩基類がCECを超えて蓄積した場合は塩基飽和度100%を達し、大体カルシウムイオン (Ca^{2+}) やマグネシウムイオン (Mg^{2+}) が過剰になり、一部の肥料成分を不溶化して、微量元素欠乏症を誘発し、逆に植物生育が阻害される恐れがある。植物のために最適の土壌塩基飽和度に関する試験が多数あったが、作目、作期などで異なり、通常70～80%がよいといわれている。

また、交換性塩基のバランスも重要である。一般に土壌pHを適正に保てば、カルシウムもマグネシウムもカリウムも欠乏することはほとんどない。しかしながら、施設栽培で

塩類集積がある場合や堆肥の連続施用がある場合、大量の石灰を投入した場合は、塩基間のバランスが大きく崩れることがあるので注意を要する。

表 3 はトマト、ホウレンソウ、レタスの最適塩基飽和度と塩基バランスの 1 例を示す。

表 3. 土壌の最適塩基組成

植 物	最適塩基飽和度 (%)	塩基バランス (%)		
		カルシウム	マグネシウム	カリウム
ホウレンソウ	85	75	20	5
レタス	80	65	25	10
トマト	75	70	25	5

植物は根から根酸を放出して、陽イオンを吸収する機能を持っている。その結果、土壌中の水素イオン濃度が次第に増加し、酸性化が進む。定期的に石灰や苦土肥料を施用して、土壌 pH を調整することはこのためである。