

# 土の「基本」に立ち返る

## 有機物の分類と役割とは？

### 腐食物質も土の化学性や物理性に大きく影響

今回は土の固相の大部分を占める「無機物」について、粒の大きさが異なるさまざまな鉱物から成り立っていること、土の中で新たに生まれた二次鉱物が粘土と呼ばれる小さな粒子に多く含まれ、土の化学性や物理性に大きな影響を及ぼすことなどを解説した。今回は固相の中で粘土と共に重要な役割を果たす「有機物」について解説する。

**一般的な表層土には約1〜5%含まれる**

ほとんどの土は岩石、堆



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**

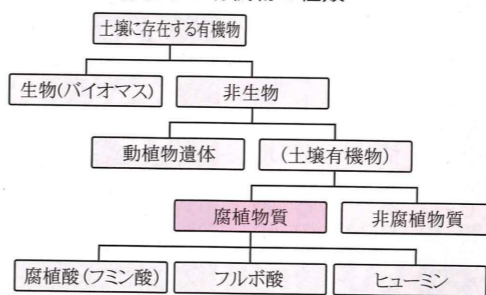
たに まさゆき  
1995年筑波大学大学院農学研究科修了。博士（農学）。同年帯広畜産大学畜産学部助手、2003年同大助教授、15年から現職。1968年大阪市生まれ。

植物、火山灰などの無機物からできており、土の本体である固相のうち約90〜99%は無機物である。一方、炭素（正確には炭素と水素の両方）を含む化合物は有機物と呼ばれ、特に土の表層（A層）に多く含まれる。一般的な表層土の有機物の含量は約1〜5%であり、火山灰を母材とする黒ボク土は10%以上含むことがある。下層土には有機物があまり含まれておらず、多くても1〜2%、通常は1%未満である。

動物の体を構成するタンパク質や脂肪、植物を構成するセルロースやリグニンなどは全て有機物。また、私たちの日常生活に欠かせない紙やプラスチックなどにも有機物であり、有機物とはさまざまな化合物の総称にすぎない。だから一般的な書物などで「土づくりには有機物を入れることが欠かせない」と言われると、ではプラスチックを入れば土にとって良いのか」と突っ込みたくなるのが科学者である。

腐植物質とは土の中で新しくできた有機物で、暗色の化学的な構造を持たず、サイズが大きい有機物の混合物の総称である。前回、母材から土ができる過程で、土の中で新しい鉱物であることを紹介した。腐植物質も全く同じであり、土の中に供給された動物や植物の遺体などに含まれる有機物とは異なる新しい有機物としてできるのである。

図1 土に存在する有機物の種類



土に含まれる有機物は生物と非生物に分けられる。非生物である有機物のうち動物植物の遺体などを除いた部分を土壌有機物（腐植）と呼ぶ。それは色や構造の違いによって、さらに腐植物質と非腐植物質の2種類に分けられる（図1）。

非腐植物質は生物の遺体や排泄物など生体成分由来する有機物であり、タンパク質、脂肪、セルロース、リグニンなどが含まれる。これらはほとんどが無色ないし淡色であり、化学

植物や動物の遺体、排泄物にはさまざまな有機物（非腐植物質）が含まれている。その多くは微生物などにより分解されるが、分解されずに残った有機物が重なるように結合して大きくなり（重縮合と呼ぶ）、色が濃い高分子の腐植物質

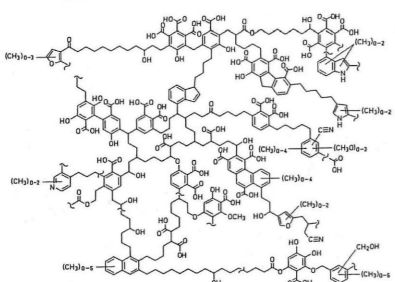
ができる。一般的には、土壌有機物（腐植）の20〜30%が非腐植物質、70〜80%が腐植物質であり、畑など農耕地の土では腐植物質の割合がより高い。

**溶けやすさで腐植酸、フルボ酸などに分類**

腐植物質は酸やアルカリに対する溶解度によって腐植酸、フルボ酸、ヒューミンに分類される（図1）。含まれる化合物の大きさや、水などへの溶けやすさによって便宜的に分けていくだけで、本質的な違いを示しているわけではない。化合物の平均的な大きさ（粒子サイズ）が小さく比較的溶けやすい部分をフルボ酸、中間的な粒子サイズでやや溶ける部分を腐植酸、粒子サイズが大きくほとんど溶けない部分をヒューミンと呼ぶ。

中でも土の機能に大きな影響を及ぼすのは腐植酸とフルボ酸で、特に土が黒色や黒褐色などに見えるのは腐植酸の影響である。ドイツの科学者により提案され

図2 腐植酸の平均的構造モデル (Schulten&Schnitzerが提案、1993年)



た腐植酸の平均的構造モデルを図2に示す。この図を見て、腐植酸が複雑かつ訳が分からない形をしていると感じていただければ十分である。実際のところ、科学者が集まる学会でも、腐植酸がどのような構造をしているのか、いまだ明確には分かっていない。

ただ、大事なポイントが二つある。一つは亀の甲羅のようなベンゼン環と呼ばれる構造がたくさん見られること。この構造は微生物によって分解されにくいいため、腐植酸は土の中に安定的に残りやすい性質を示す。もう一つは構造の末端にカルボキシル基（-COOH）やフェノール性水

酸基（-OH）と呼ばれる構造がたくさん付いていること。この構造により、腐植酸が陽イオン交換容量を増やして、保肥力や緩衝力を高めることにつながる。これらの構造と性質が土の化学性や物理性に大きな影響を与える。

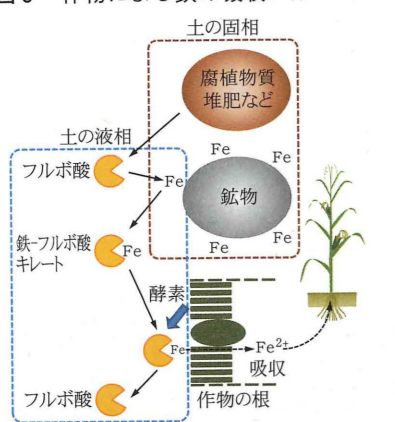
### キレートをつくらせて作物に微量元素与える

フルボ酸は腐植酸よりも色が薄く、黄色あるいは褐色で、粒子サイズが小さく比較的水に溶けやすい性質を持つ。そのため土の中の水に溶けて、水の移動と共に動きやすい。さらに腐植酸と比べると、前述したカルボキシル基をたくさん持っているため、鉄、アル

ミニウム、亜鉛などの金属と結合して「キレート」と呼ばれる構造をつくる。キレートをつくらせて水の中に鉄や亜鉛などを溶解させることは、作物に微量元素を供給するためには非常に重要な機能である。

中でも鉄は作物の生育に欠かせない必須微量元素の一つ。鉄は土の中に大量に含まれる元素であるが、ほとんどが酸化鉄鉱物として存在するため水には溶けられない。そのままでは作物が吸収できないのである。2018年2月号で紹介したように、水に溶け出したフルボ酸は、土の鉱物から鉄を溶かし出し、「鉄-フルボ酸キレート」として水に溶け出す（図3）。このキレ

図3 作物による鉄の吸収メカニズム



トが根の近くに来ると、作物は鉄を還元する酵素を根から出してキレートから鉄イオンを切り離し、それを吸収して利用する。鉄が不足したから鉄を含む肥料を施用するのは

なく、鉄を溶かし出して動かすという発想の転換が大切である。

### 森から海に鉄を供給し 良い藻場、良い漁場に

森が海を育てるという考え方があり。森の土には、落葉や落枝がたまった堆積腐植層（リター層あるいはO層とも呼ぶ）があり、そこから多量のフルボ酸が溶け出す。フルボ酸は土の中でキレートをつくらせて鉄を溶かし出し、植物に吸収されなかったキレートは地下水へ入って川に流れ込み、海へと供給される。

海の水は塩化ナトリウムを多量に含み、弱いアルカリ性を示すため、鉄が溶けにくい環境である。そこへ森の土から溶け出した鉄-フルボ酸キレートが供給されることにより、海藻が光合成を行えるようになって繁茂し、良い藻場ができ、良い漁場になるといわれている。自然界の物質循環は、無駄がなく理にかなっている。まだまだ学ばべきことが多い。