

## File No. 73

## 腐植酸肥料の種類とその特徴

近年、「土づくり」の重要性が広く認識され、腐植酸と腐植酸肥料はじわじわと人気が出ている。本篇は腐植酸肥料の種類とそれぞれの特徴を簡単に紹介する。

腐植酸は大きく「天然腐植酸」と「再生腐植酸」に分類される。天然腐植酸はその生成過程によって、さらに土壌腐植酸と石炭系腐植酸に分けられる。

石炭系腐植酸はその原料により亜炭（褐炭）と風化炭に分かれている。亜炭（褐炭）は古代植物の炭化が不完全な石炭で、炭素含有量 78%以下のものである。腐植酸はその亜炭の中に有機物が炭化せずに残った部分である。風化炭は地殻変動等により地下の石炭層が地表に露出し、長い年月にわたって太陽光、雨や雪に晒して、大気中の酸素に酸化され、風化変質した石炭である。通常、亜炭に比べ、風化炭の腐植酸含有量が多く、特に褐炭由来の風化炭は腐植酸含有量が 50%を超えるものがざらにある。なお、市販されている天然腐植酸はすべて石炭系腐植酸である。

一方、再生腐植酸とは、酸やアルカリ薬品を使って褐炭や風化炭を工業的に処理して得られた腐植酸を指す。化学薬品処理により、複雑な腐植酸の分子構造が切断され、分子量が小さくなったうえ、活性官能基の数が大幅に増えたので、水溶性とキレート能力（イオン吸着と保持機能）が増強された。再生腐植酸の中で代表的なものは、酸化剤として硝酸を用いて製造されたニトロ腐植酸である。ほかに硫酸で処理して得られたサルファ腐植酸（sulfonated humic acid）、オゾンまたは過酸化水素で処理したオキシ腐植酸（oxidized humic acid）、アンモニアで処理した腐植酸アンモニア、水酸化カリウムで処理した腐植酸加里などがある。

本邦の肥料取締法は、腐植酸肥料の公定規格に「石炭又は亜炭を硝酸又は硫酸で分解しものに限定される」という制限が設けられている。その理由は腐植酸系肥料の肥料公定規格を策定する際に国際基準に合わせるため、腐植酸アンモニアと腐植酸加里は腐植酸が 50%以上、腐植酸苦土は腐植酸が 40%以上含有されるものと規定される。しかし、本邦の褐炭には天然腐植酸含有量が 20~40%しかなく、化学処理を受けずに公定規格をクリアすることが当然不可能である。従って、公定規格に「石炭又は亜炭を硝酸又は硫酸で分解しものに限定される」の文句を入れた。

本邦と異なり、中国、ロシア、アメリカなどでは風化炭の腐植酸含有量が高く、わざわざコストをかけてニトロ腐植酸にする必要がない。従って、ニトロ腐植酸を生産している中国メーカーがあるものの、それは日本向けに輸出するものである。腐植酸肥料については腐植酸りん肥と腐植酸苦土はニトロ腐植酸を使うが、腐植酸アンモニアと腐植酸加里は天然腐植酸を使用することは慣例である。

本国の肥料取締法で認められる腐植酸肥料は、腐植酸アンモニア、腐植酸りん肥、腐植酸加里、腐植酸苦土の 4 種類である。また、地力増進法では腐植酸を含有する資材が土壌

改良材として認定される。

以下は、土壌改良材としての天然腐植酸とニトロ腐植酸、腐植酸肥料としての腐植酸アンモニア、腐植酸りん肥、腐植酸加里、腐植酸苦土の製造方法と特徴について紹介する。

表 1. 腐植酸土壌改良材と腐植酸肥料の種類と特徴一覧表

種類	原料と製法	腐植酸含有量	pH	特 徴	主な用途
天然腐植酸	風化炭を粉砕するだけ	40～55%	4.5～6.0	廉価、CEC の増大、りん酸土壌固定の軽減、土壌 pH の緩衝、土壌団粒構造の促進など	土壌改良材、化成肥料の造粒添加剤
ニトロ腐植酸	風化炭、亜炭を硝酸又は硝酸と硫酸の混酸で処理	50～70%	<3	天然腐植酸より効果が高い	土壌改良材、腐植酸肥料の原料
腐植酸アンモニア	風化炭またはニトロ腐植酸をアンモニアで処理	>50%	8～11	緩効性窒素含有、CEC の増大、りん酸土壌固定の軽減、土壌団粒構造の促進など	単肥、化成肥料原料
腐植酸加里	風化炭またはニトロ腐植酸を水酸化カリウムで処理	>50%	10～11	水溶性が高い。CEC の増大、りん酸土壌固定の軽減、土壌団粒構造の促進など	液肥の原料、化成肥料の原料
腐植酸りん肥	ニトロ腐植酸に熔りんまたはりん鉱石粉を添加	15～30%	6.5～8.0	く溶性りん酸含有、CEC の増大、りん酸土壌固定の軽減、土壌団粒構造の促進など	単肥、化成肥料の原料
腐植酸苦土	ニトロ腐植酸に軽焼マグを添加	>40%	6.0～8.0	廉価、く溶性苦土含有、CEC の増大、りん酸土壌固定の軽減、土壌団粒構造の促進など	単肥、化成肥料の原料

## 1. 天然腐植酸

市販されている天然腐植酸はほとんど輸入品で、風化炭を原料とするものである。腐植

酸含有量が 40～55%のものが多いが、亜熱帯地域から入ってくる廉価品は 40%未満のものもある。

天然腐植酸を構成する元素としては、炭素、酸素、水素が主たるものであるが、そのほかに若干の窒素、硫黄、りん等が認められている。おおよその元素組成範囲は、炭素 50～67%、酸素 28～45%、水素 3～6%、窒素 0.5～2%、硫黄とりんがそれぞれ 1% 未満である。

天然腐植酸の分子内に基本骨格として芳香族環（ベンゼン環など）を多数有し、共役二重結合構造が多く存在して、全体として三次元網目状構造となっている。

芳香族環に直接結合している水酸基やカルボキシル基は、ベンゼン核のオルトの位置（隣り合わせの位置）に結合している部分が多いため、弱電解質としての特性を持っており、重金属を含む各種金属類とキレート結合を作ることができる。ほかにメトキシ基、アミノ基、硫酸基、メチル基、りん酸基等の活性基の存在も認められている。これらの活性基は、腐植酸に酸性、親水性、塩基性さらにはキレート性を与えるものである。水酸基やカルボキシル基の存在で、天然腐植酸は大体 pH4.5～6.0 の酸性を示す。なお、褐炭原料の天然腐植酸は風化炭原料の天然腐植酸より酸性が若干強い。

腐植酸のキレート性を利用して、土壤化学性の改善、例えば、陽イオン交換容量（CEC）を高め、りん酸の土壤固定を抑えるには非常に有効である。また、酸度およびアルカリ度の緩衝作用があり、酸性及び弱アルカリ性土壤の改良にも有効である。さらに、土壤の団粒化構造を促進して、土壤物理性の改善に役立つ。土壤生物性にとっても、土壤微生物の棲家となる一方、餌も提供し、微生物の増殖と活性化に大きく寄与する。

但し、天然腐植酸は肥料取締法では肥料として認められないが、値段が断然に安いので、土壤改良材としても、化成肥料などの造粒添加剤と着色材としても広く使用される。

## 2. ニトロ腐植酸

ニトロ腐植酸は粉碎した亜炭または風化炭に硝酸を添加し、強制酸化を通して、大きな腐植酸分子を数個の小さい腐植酸分子に分割する。また、硝酸処理により腐植酸の活性基の一部がニトロ化される。従って、他の再生フミン酸と区別して、ニトロ腐植酸と呼ばれているわけである。硝酸を用いる強制酸化によって亜炭では腐植酸含有量を 15～35%、風化炭では腐植酸含有量を 5～15%引き上げることが可能である。

ニトロ腐植酸は、元素組成が天然腐植酸とほぼ同様であるが、窒素含有量が 1.5～3%と高くなる。強制的に酸化分解しているので、得られた腐植酸の分子量が小さくなり、単位重量当たりの活性基数量が増えた。その分、親水性、塩基性及びキレート性が増大し、天然腐植酸より効果が高くなる。また、硝酸処理により、ニトロ腐植酸の酸性が強くなり、原料及び硝酸処理の具合により異なるが、大体 pH<3 の強い酸性を示す。

ニトロ腐植酸も肥料取締法では肥料として認められないが、土壤改良材として使用することができる。その効果が天然腐植酸より高い。但し、値段が高く、主に腐植酸りん肥、

腐植酸苦土の原料として使用される。

### 3. 腐植酸アンモニア

腐植酸アンモニアは天然腐植酸またはニトロ腐植酸にアンモニアを添加して、処理したものである。腐植酸分子が分割され、小さくなったうえ、腐植酸の水酸基やカルボキシル基がアンモニアと化学反応を起こし、水溶性が増した。品質の良い腐植酸アンモニアは水溶性成分が50~70%もあり、pH8~11のアルカリ性を呈する。

腐植酸アンモニアは、本邦の肥料取締法では次のような規格が決められている。「石炭または亜炭を硝酸または硫酸で分解したニトロ腐植酸にアンモニアを加えたもので、アンモニア性窒素4.0%以上、腐植酸50%以上含有され、硫酸塩10%以下」である。但し、現在輸入される腐植酸アンモニアはニトロ腐植酸ではなく、天然腐植酸を原料にするものがほとんどである。その理由は硝酸で処理した後、アンモニアで処理すると、酸性中和のために余分のアンモニアが消費するほか、天然腐植酸を原料にしても処理後の腐植酸含有量がニトロ腐植酸を原料とするものと大差がないからである。

腐植酸アンモニアは腐植酸の効果に加え、窒素肥料としての肥効もある。特に、アンモニアは腐植酸と結合しているため、その窒素は緩効性を有する。なお、腐植酸アンモニアは弱アルカリ性で、アルカリ性の肥料と混合しても、アンモニアが揮発することがない。水溶性も高いため、単肥だけでなく、化成肥料の原料としても使われている。

### 4. 腐植酸加里

腐植酸加里は天然腐植酸またはニトロ腐植酸に炭酸カリウムまたは水酸化カリウム溶液を添加して、処理したものである。原料コストと生産効率からほとんど天然腐植酸と水酸化カリウムを使う。水酸化カリウムの処理により、腐植酸分子が分割され、小さくなったうえ、活性基にカリウムが結合して、水溶性になる。

腐植酸加里は、肥料取締法では「石炭または亜炭を硝酸で分解したニトロ腐植酸に塩基性のカリウム又はマグネシウム含有物を加えたものをいう。水溶性加里10%、腐植酸50%以上、硫酸塩10%、炭酸塩2%以下を含む。」とその規格が決められている。

腐植酸と水酸化カリウムが反応後、生成した反応物を沈殿ろ過又は遠心分離を行い、不溶物を分離除去し、水溶性成分を乾燥して製品とする。このように生産された腐植酸加里はpH10~12のアルカリ性を有する水溶性のものである。

一方、反応後の不溶物を分離せず、そのまま乾燥して製品とするものもある。この場合は、製品のの水溶性成分の含有量が大体60~80%である。

腐植酸加里は10%以上の加里を含有するため、土壌改良効果のある加里肥料として使用することができる。但し、価格が高いため、このような使い方が稀である。通常、腐植酸加里はその水溶性を生かして、液肥の原料として使われている。不溶物を分離せず、そのまま製品とする腐植酸加里は化成肥料の原料として使用される。なお、液肥を含む化成肥

料の着色材の役割もある。

## 5. 腐植酸りん肥

腐植酸りん肥は風化炭などの原料を硝酸または硫酸と硝酸の混酸で処理した後、アルカリ性の熔成りん肥またはりん鉱石粉等を添加して、ニトロ腐植酸の酸性を中和してできたものである。

腐植酸りん肥は、肥料取締法では「石炭または亜炭を硝酸で分解したニトロ腐植酸に熔成りん肥、焼成りん肥、りん鉱石、塩基性のマグネシウム若しくはマンガン含有物又はほう酸塩及び硫酸又はりん酸を加えたものである。く溶性りん酸 15.0%、水溶性りん酸 1.0%、腐植酸 15～30%を含む。」とその規格が決められている。

腐植酸りん肥はりん酸成分がく溶性であるうえ、腐植酸の強いキレート作用があり、土壌中のアルミニウムイオン、鉄イオンなどをキレートして、りん酸の土壌固定を軽減する効果がある。

腐植酸りん肥が単独施用の場合は基肥として使われる。また、化成肥料の原料または家畜糞尿堆肥と混合して有機入り肥料としても使われる。

## 6. 腐植酸苦土

腐植酸苦土は天然腐植酸を硝酸で処理して、生成したニトロ腐植酸に軽焼マグネシウムの粉を添加し、攪拌して中性～弱アルカリ性まで中和させたものである。

腐植酸苦土は、肥料取締法では「石炭または亜炭を硝酸で分解したニトロ腐植酸に塩基性のマグネシウム含有物を加えたものである。く溶性苦土 3.0%、水溶性苦土 1.0%、腐植酸 40%以上を含む。」とその規格が決められている。

塩基性マグネシウム含有物が軽焼マグネシウム、水酸化マグネシウム、蛇紋岩などがある。一昔は蛇紋岩を使うところが多かったが、アスベストを含んでいる疑いがあり、現在ほとんど軽焼マグネシウム（軽焼マグ）を使う。水溶性苦土の含有量を高めたい場合は、硫酸苦土を添加する。

腐植酸苦土は単肥としても化成肥料原料としても BB 原料としても使用することができる。腐植酸肥料の中に価格が一番安いものであるため、使用量が多い。