

File No. 72

土壤生物性と土づくり

土壤には極めて多くの小動物と微生物（細菌、放線菌、糸状菌、藻類など）が生息している。これらの小動物と微生物は、地中の動植物の遺体などの有機物を分解し、無機化して、植物に養分を提供する一方、病原性のある微生物の増加を抑制することができる。土壤生物性とは、これら土壤生物の種類（相）、数（量）、活性などを指す。多種多様の生物が生息していることは土壤生物性が豊かだといえる。

一部の土壤小動物を除き、肉眼で土壤生物の種類と数を簡単に観察・評価することができない。その理由は微生物が非常に小さいうえ、その数が非常に多く、土壤タイプにもよるが、1グラムの土壤には約100万～数1,000万の微生物が存在している（表1）。土壤微生物の種類が多いうえ、その培養が難しくて、顕微鏡で観察できても分離・培養して極一部の種類しか生存できない。従って、現状では個々の土壤微生物についてほとんど究明されていない。

表1. 土壤生物の種類と大きさ、生体量

土壤生物の種類		大きさ	生体量 (kg/10a)
土壤微生物	細菌	長さ 2～3μm 程度	40～500
	放線菌	菌糸の太さ 0.5～1.0μm 程度	40～500
	糸状菌	菌糸の太さ 3～8μm 程度	100～1500
	藻類	肉眼で確認できないもの～数 mm 程度	1～50
土壤小動物	線虫	0.2～2.0mm 程度	1～15
	ミミズ	0.2～数 cm 程度	10～150

通常、土壤生物性の良し悪しは、前作の残渣や堆肥の有機物分解活性の多様性と分解速度と、土壤病原生物などによる農作物病気や連作障害を起こしにくさと、植物根が伸張しやすい土壤团粒構造の比率などで評価することが多い。以下は土壤生物性を評価する手法について説明するとともに「土づくり」を通して土壤生物性をよくする方法を紹介する。

1. 有機物分解活性

土壤有機物がそのままでは植物根に吸収されず、土壤生物によって無機物に分解されてから初めて植物に吸収利用される。なお、土壤微生物は有機物分解の主役である。

土壤の物理的性質や化学的性質が有機物分解に影響を及ぼすこともあるが、分解活性は主に微生物種類と数量に反映される。一般に、好気性の細菌や糸状菌が糖や低分子量の蛋白質などの易分解性有機物を餌にして、放線菌が難分解性有機物を餌にして増殖する。微生物が有機物を分解するとともにその分解産物を栄養にして急速に増殖するが、餌がなく

なり、分解ピークを越えたら、増殖した微生物が死滅して、その死体が有機物として土壤に蓄えられ、再びほかの微生物に利用される。

土壤生物の有機物分解活性の検定方法は、供試土壤を試験プレートに入れ、いろいろな種類の有機物を試験プレートに添加して、その分解の仕方と分解量を時系列で測る。すなわち、顕微鏡で土壤生物を分類し、数を数えるではなく、特定の餌を与えてその分解状況を計測する方法である。

土壤生物の有機物分解活性検定は次のように行われる。数10種類の異なった有機物の入った試験用プレートを用意して、土壤サンプルを中性にしてから純水で薄め、プレートに入れる。専用機器を用いて一定温度で15分または20分ごとに48~72時間連続的に測定し、各有機物の分解速度を調べる。微生物によって分解できる有機物の種類は異なっているので、分解された有機物があれば、それを分解できる微生物が土壤にいるということになる。また、有機物の分解速度が速いほど、その微生物が活発に働いて、分解活性が高いということになる。

こうして、分解された有機物の種類と分解速度の両方を合わせて計測した値から土壤微生物の種類と活性を推定することができる。

この方法は人工的に分離・培養できない微生物や未知の微生物についても評価することができ、土に含まれている微生物の総合分解能力を正確に評価できるので、土壤生物性を客観的に判断する手法としてよく使われている。

ほかに微生物現存量としてのATP量、土壤呼吸活性、土壤酵素活性などを計測して、土壤微生物の活性データとして採用されることもある。

2. 土壤生物相の計測

土壤微生物の種類と数量が多いうえ、その培養が難しくて、分離して極一部の種類しか培養できない。従って、ほかの生物と異なり、個々の微生物を計測してから合計することが無理なことである。それに代わって、考え出したのはeDNAという解析手法である。eDNAとは、土壤微生物を一つの集合体として培養せず、そのまま抽出したDNAを解析し、DNAのデータから土壤生物相の機能と構造を推定し、土壤生物性と農作物生産性との関連を解析手法である。

土壤生物のeDNA解析は次のように行われる。土壤サンプルを採取し、直ちにDNAを抽出して、PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）を利用して、DNAを増幅する。増殖したPCR産物を使い遺伝子解析を行い、細菌、放線菌、糸状菌などの生物相を推定する。

eDNA解析技術は遺伝子解析技術の発展で、21世紀に入ってから開発された新技術である。土中に生息している微生物全体を評価するもので、土壤生物性を客観的に評価することが可能である。

現在、土壤細菌と糸状菌、土壤線虫についてその生物相の解析技術がほぼ確定されたが、これら土壤生物相の機能と農作物の生産性との関連についてまだ解明されていない。

3. 農作物の土壤病害や連作障害の抑制効果

多種類の微生物が一緒に生息していると、それぞれの微生物が場所を取り合ったり、栄養分を奪い合ったりして、拮抗しながら増殖している。土壤微生物も例に漏れず、生息している土壤の物理性と化学性に適合するように種類と個体数の増減を繰り返すことで一定のバランスを保っている。

農作物の土壤病害は土壤に生息している伝染性病原菌により引き起こされるものである。その主な原因は土壤微生物の多様性が失われ、生態バランスが崩れ、病原菌の増殖を拮抗する勢力が弱くなり、病原菌が優勢になったからである。

一方、同一の畑で同じ作物を繰り返し栽培する（連作）場合は、次第に生育不良となっていく、いわゆる連作障害が発生しやすい。これも連作により特定の病原微生物が次第に増殖し、ほかの微生物を圧倒して、土壤微生物の多様性が崩れたからである。

今までの研究では、土壤病害や連作障害の発生程度と土壤微生物相との関連が高く、土壤微生物の多様性・活性が高い土は、土壤消毒しなくとも作物が病気にかかりにくく、連作障害を起こしにくいことが分かっている。従って、農作物の土壤病害が少なく、連作障害が発生しにくい土壤は土壤生物性の良い土壤だといえる。

4. 土壤の団粒構造

団粒構造とは、腐植や微生物の菌体・死骸が接着剤の役割を果たし、様々な土壤粒子をくっ付け合い、小さな団子のような構造を形成する現象である。団粒の塊と塊の間に適切な隙間がでて、雨が降った後は余分な水を流し、雨がないときは毛管水など適切な水分を保持するので、土壤に透水と保水の両方の効果をもたらしている。なお、隙間に程よい量の空気をはらむので、植物の根や微生物に絶えず必要な酸素を与えている。また、土壤に隙間があることで、適度な膨軟性を有し、植物根の伸張を助長する（図1）。

団粒の表面には好気性微生物、内部には嫌気性微生物の棲家となり、団粒間の隙間は土壤小動物の活動空間を与える。したがって、団粒構造の多い土壤には腐植と微生物が多く、土壤生物性の良い土壤だといえる。

土壤物理性と化学性に比べ、土壤生物性の重要度がやや低い。養液栽培（養液土耕栽培を含む）が慣行栽培より農作物の生育が早く、収量が多いことからもわかるだろう。但し、土壤に依存する慣行栽培が依然農業生産の主流である現状では、「土づくり」を通して、土壤生物性を改善することは農作物の生育を良くし、収量を多くするには非常に有効な手法である。

土壤生物性を改善するには、堆肥など有機物の施用が一番有効である。豊富な土壤有機物がそれを餌とする微生物を増殖させ、微生物相を多様化させる。微生物相の多様化は、微生物間の相互作用（静菌作用や拮抗作用等）の強化により病原微生物の増殖を抑え、農作物の土壤病害や連作障害の発生を防ぐ。また、有機物の分解で生成した腐植物質や微生物

物自身も土壤団粒構造の形成に手助け、植物根の発達に好ましい土壤環境を作り出すことができる。

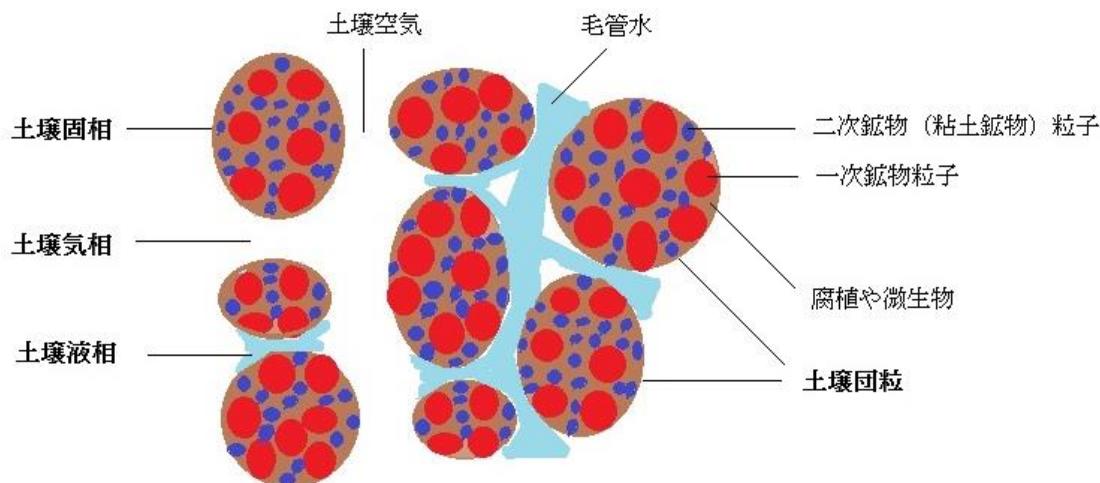


図 1. 土壌団粒構造模式図

土壤生物性を改善するために、外部から有益微生物を土壤に投入することが一番であるという論拠があった。一時期、微生物肥料を持てはやした風潮もあった。しかし、土壤微生物相は、その土壤の理化学性質、特に土壤構造と種類、土壤含水量、土壤pH、土壤有機物量などの影響を受け、各種微生物が増殖または死滅して、最終的にその土壤に適合するよう相対的に安定な状態を保つ。土壤の理化学性質を変えない限り、土壤微生物相を変化させることが難しい。外部から投入した微生物が土着微生物との競争で勝つことが非常に困難である。なお、この種の微生物資材は植物生育に必要な養分ではないので、肥料の代替にならない。

従って、堆肥、腐植酸など有機資材の施用による土壤生物性の改善は、深耕や下層心土の破碎による耕作層の物理性改善、土壤診断で土壤改良資材の施用と施肥量の調節による土壤化学性の改善と並んで、「土づくり」の基本となる三本柱である。