

## 土壌物理性と作物栽培

土壌の物理性とは、土壌の硬さ、易耕性、透水性、保水性、通気性など物理的な性質を指し、作物根の伸長の難易や根への水分、養分、酸素の供給に深く関係しており、作物生育にとって非常に重要な性質である。なお、土壌物理性は土壌を構成する 3 つの相（固相、液相、気相）のバランスに大きく影響される。

本篇は、土壌の物理性と作物栽培との関係を解説する。

### 一、土壌の 3 相

土壌は土壌粒子（固相）と土壌溶液（液相）、土壌空気（気相）から構成されている。

#### 1. 土壌固相

土壌固相は土壌粒子から構成される。土壌粒子は地殻表面の岩石層が風化して生成した礫状や砂状の一次鉱物とさらに変質作用や変成作用で生成した二次鉱物に大別される。一次鉱物は岩石の崩壊で破片となったもので、その成分は元の岩石（母岩）とほぼ同じである。二次鉱物は一次鉱物の分解や変質により生成された細かい粘土鉱物であり、母岩と大きく異なる場合がある。

#### 2. 土壌液相

土壌粒子の間に多くの孔隙が形成される。その孔隙は土壌溶液と土壌空気によって満たされ、土壌液相と気相を構成している。土壌溶液の主成分は水であるが、中に無機塩類や有機物などが溶解されている。土壌溶液中の無機塩類の種類と濃度は土壌に蓄えている無機塩類の多寡と施肥の有無により異なるが、施肥された土壌では窒素、りん酸と加里など養分の塩類濃度が高い。一方、アルカリ性土壌ではナトリウム、カルシウムなどの塩類濃度が高い。

#### 3. 土壌気相

土壌気相とは土壌の孔隙に入っている空気を指す。土壌気相の主成分は二酸化炭素、窒素および水蒸気であり、酸素濃度は大気と比べて相当低い。

また、土壌の孔隙には多くの微生物や小動物が棲家として生息しており、土壌有機物の生成と分解に携わっている。

### 二、土壌物理性を評価するパラメーター

土壌物理性は土壌固相、液相と気相の割合及び一次鉱物と二次鉱物の割合によりほぼ決定される。特に土壌固相を形成している一次鉱物と二次鉱物の割合は土壌物理性に大きく影響を及ぼす。土壌物理性は主に下記のパラメーターで表れる（図 1）。

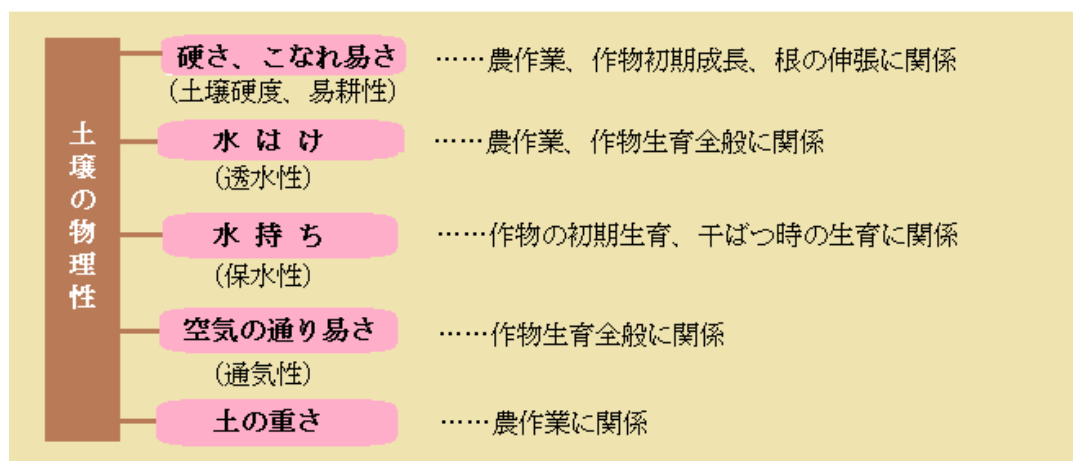


図 1. 土壌物理性と農作業、作物生育との関係

### 1. 土壌硬度（土の硬さ）

土が硬いと農作業の能率が落ち、作物の根が伸びにくく、水はけが悪くなる。土壌硬度は主に粘土の量に関係して、二次鉱物の粘土が多いほど、乾燥した土が硬くなる場合が多いが、近年は作業機械に踏み固められて硬くなる場合も多く見られる。

こなれ易さ（耕作性）は、土壌硬度との関連が深く、硬い土では耕うん、砕土がしにくく、作業効率が下がる。また、硬い土では畑作物の出芽率と初期生長に悪影響を与え、根の伸張も阻害される。作物生育にとって、一次鉱物と二次鉱物のバランスが良く、硬度がほどほどで、根の伸長がしやすい土壌が望まれる。ただし、土壌硬度は自然界の長年の影響で形成されたもので、人為的に変えることが難しい。

### 2. 透水性（水はけ）と保水性（水持ち）

土壌の透水性と保水性は主に粘土の量に関係して、二次鉱物の粘土が多いほど、土壌粘性が高く、孔隙が小さく、透水性が悪くなるが、毛細現象で保水性がよくなる。また、地下水位の高低にも関係している。土壌保水性は透水性とは矛盾しているようだが、保水性と透水性のバランスを取っている土壌は多雨の時は余分な水を逃し、少雨の時は貴重な水をキャッチして、根に供給できる良い土壌である。

一方、作業機械に踏み固められて耕作層以下の心土の透水性が悪化し、水はけが悪く排水不良で、干ばつ時には地下水が上がらない場合もある。深耕により透水性を改良して水はけはよくなる一方、地下水が毛細作用で耕作層まで昇りやすくなる。土壌の透水性と保水性は人為的な影響が強く現れ易い性質である。

### 3. 通気性（空気の通り易さ）

土壌の通気性が一次鉱物と二次鉱物の割合に関係して、特に二次鉱物の粘土の量及び土壌団粒構造の多寡と密接に関連している。一次鉱物が多く、団粒構造の多い土壌では大きな

孔隙が多くあり、空気が通り易く、大気との気体交換が容易になり、根の伸張もよくなり、根の養水分吸収機能を高める効果がある。ただし、通気性が良すぎると、逆に保水性が悪くなり、干ばつの被害を受けやすい。大体通気性は透水性と正の相関関係があり、透水性のよい土壌は通気性もよい。

#### 4. 土壌の固相重（土の重さなど）

土壌の固相重は土壌嵩比重とも呼ばれる。一般的に腐植の多い土壌、火山灰性土壌が軽く、粘土鉱物の多い土壌が重い。腐植の多い火山性土壌の嵩比重は粘土含有量 55%以上の重粘土の半分しかない。また、土壌液相と気相の割合の多い土壌も軽い。

一般には嵩比重が軽い土壌は硬度が低く、耕作しやすく、透水性と通気性がよく、農作物の栽培に適するといわれる。但し、土壌が軽すぎると風に飛ばされやすく（風食と呼ばれる）、降雨の際にも流されやすい（水食と呼ばれる）傾向がある。

### 三、土壌物理性により土壌の分類

土壌粒子はその粒径から分別することが出来る。粒径 2mm 以上の粒子は礫、粒径 0.02~2mm の粒子は砂と呼ばれ、すべて母岩が風化して生成した一次鉱物である。粒径 0.2~20 $\mu$  の粒子はシルトまたは粗粘土と呼ばれ、一次鉱物と二次鉱物が混ざっている。粒径 0.2 $\mu$  未満の粒子は細粘土に分類され、すべて二次鉱物の粘土である。土壌はこれらの粒径が異なる土壌粒子の構成比率により分類される。

#### 1. 礫土

風乾した土壌の中に粒径 2mm を超えた礫が 50%以上含まれ、残りは粒径 0.02~2mm の砂で、粒径 0.2 $\mu$  未満の粘土鉱物がない土壌は礫土に分類される。なお、母岩が破碎して風化作用を余り受けず角張っている礫は角礫という。礫土の触感はごつごつした石ころで、粘土の感触が全くない。礫土の 3 相分布として、固相 55%以上、液相 0%、気相 40~45%である。礫土は耕作性と保水性、保肥力が非常に悪く、養分供給性がなく、作物栽培に全く適しない土である。わざわざ土壌を改良して、水田や畑にする必要もない。

#### 2. 砂土

風乾した土壌の中に粒径 0.02~2mm の砂含量 85%以上、粒径 0.2 $\mu$  以下の粘土含量 0~15%の土壌は砂土に分類される。砂土の触感はザラザラしており、粘土の感触はほとんど無い状態である。耕作性と透水性、通気性がよいが、保水力、保肥力ともに低い土である。砂土の 3 相分布として、固相約 50%、液相約 10%、気相約 40%である。水稻、小麦など多くの作物栽培に適さず、落花生やスイカなど一部の畑作物しか栽培できない。作物栽培には施肥は少量多回で行うことにする。緩効性窒素肥料とく溶性りん酸肥料の使用が肥料の利用率を高める効果がある。条件さえあれば、点滴栽培システムを使う養液土耕栽培を勧める。水田に全く向かないので、畑にすることが無難である。土壌改良には粘土の多い客土を入れ

るか、ゼオライトやベントナイトのような粘土鉱物及び腐植酸資材を使用することで、土壌の保水性と保肥力を改善することに着眼すべきである。

### 3. 砂壤土

砂土と壤土の中間の土性で、砂含量 65~85%、粘土含量 12.5~25%の土壌である。砂壤土の触感は、ザラザラとした砂の感触の中につるつるとした粘土の感触が少しある。砂質であるが、砂そのものではなく、やや乾きやすい土である。砂壤土の 3 相分布として、固相約 45%、液相約 15%、気相約 40%である。耕作性と透水性、通気性がよいが、保水力、保肥力がやや低い土である。多くの畑作物の栽培に適する。水田には適さず、畑にすべきである。施肥は少量多回で行うことにする。また、粘土鉱物、例えばゼオライト、ベントナイト及び腐植酸資材、堆肥を使用することで、土壌の保水性と保肥力を改善する手法は非常に有効である。

### 4. 壤土

中間的な土壌で、砂含量 40~65%、粘土含量は 25~37.5%の土壌である。壤土の触感は、ザラザラとした砂の感じとつるつるとした粘土の感覚が半々程度である。壤土の 3 相分布として、固相約 40%、液相約 20%、気相約 40%である。透水性と保水性、通気性がよく、耕作性と保肥力が高く、多くの作物の栽培にとって一番適する土壌である。施肥は壤土を標準に設計することが多い。わざわざ土壌を改良する必要がないが、堆肥や腐植酸資材を使用することで、土壌団粒構造を増やし、地力を維持することは大事である。

### 5. 埴土

砂含量 40~45%、粘土含量 50%以上の土壌である。埴土の触感は、ほとんど砂粒を感じないほど微細な粘土粒子のみからなり、指先でこねるとひも状に彫塑でき、粘りが強かつるつるとした感覚である。埴土の 3 相分布として、固相約 40%、液相約 30%、気相約 30%である。保水性と保肥力がよいが、透水性や通気性が悪く、乾燥すると固結して砕けにくくなる。畑として耕作には困難で、畑作物の栽培には向かない土壌であるが、水田には適している。

埴土は低湿な沖積平野の水田や、後背湿地または台地内に食い込む低地や泥炭地などの土壌によくみられるほか、十分に粘土粒子の団粒を分散させた火山灰土壌も埴土に属する。施肥は壤土を標準にするが、土壌改良が必要で、作物のわなやモミ殻、バークなど植物質の堆肥、木炭、バーミキュライト、パーライトなどの施用が有効である。

### 6. 重粘土

粘土含量 55%以上の土壌である。可塑性、粘着性に富み、適当な水分があれば、指先でこねると、太さ 2mm 程度のひも状に彫塑できる。重粘土の感触は、粘りが強かつるつるとし

た感じで、砂粒を感じない。重粘土の3相分布として、固相约40~70%、液相30%以上、気相15%以下である。重粘土の土壌は下層に緻密で難透水性の土層を形成するため、停滞水を生じやすい。透水性が不良で土壌の還元状態と酸化状態が繰り返すにより、下層土には鉄が還元されて灰色になった部分と酸化されて黄橙色になった部分とが作り出す大理石模様をもつのが特徴である。保水力と保肥力は高いが、透水性と通気性が非常に悪い。乾燥すると堅密に固結され砕けにくい。排水不良で有機物の分解が悪く、農作物、特に水田から転換される畑作物の根の障害が発生しやすく、畑作物栽培に全く適さない土壌である。水田としても粘土含量が高いため農具に粘りつき耕耘性低い。また、地耐力低下による農作業機械走行、作業性の低下が問題となる。

重粘土は河川下流の沖積地や干拓地などの低湿地帯に分布する。耕作には明渠、暗渠等による排水と木炭、バーミキュライト、パーライト、砂など土壌改良材の施用が必要である。

土壌の通気性、保水性、透水性の良し悪しはほとんど土壌固相、液相と気相の割合によって決まる。畑作物の栽培に適する土壌は、固相と気相がそれぞれ40%、液相20%ぐらいが必要で、イネなど水田栽培作物には乾田時に固相40~50%、液相と気相がそれぞれ25~30%の土壌が良いとされている。また、畑作物が正常に生育するには、降雨直後を除き、気相率は少なくとも20%以上は必要とされている。

一次鉱物と二次鉱物の割合のほか、土壌3相の中に液相と気相の割合は団粒構造が寄与するところが大きい。団粒とは粘土鉱物や土壌腐植からなる微細な土壌粒子が集合して大きな粒子を作っているもので、粒子の間に多くの孔隙ができています(図2)。小孔隙が毛細作用で水が保たれ、大孔隙が重力により水が速やかに下方へ浸透され、通常は空気で満たされている。すなわち、団粒の発達している土壌は孔隙が多く、保水性と通気性が高いうえ、嵩比重も小さく、土壌が膨軟である。また、団粒は土壌微生物の棲家にもなり、土壌微生物の多様性と活性を増進する。このような土壌では耕耘しやすく、農作物の根の伸張が容易で、養分の吸収も良くなり、生産性が高い。

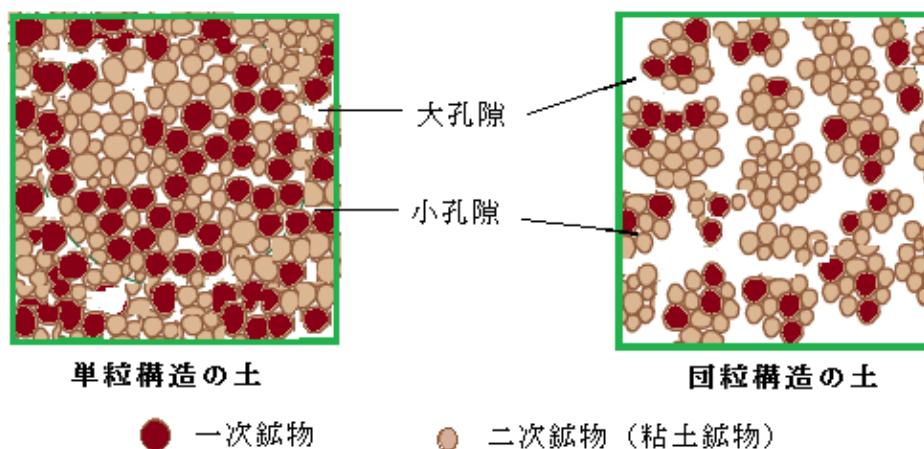


図2. 土壌の団粒構造模式図

団粒の形成には有機物の豊富な堆肥や腐植酸資材の投入が効果的である。また、粘土含量の多い埴土と一部の重粘土では畑作物の栽培に当たって、深耕や下層心土の破碎、暗渠や明渠などを設けて、土壌の透水性と通気性を高めるなどの手法は有効である。