

File No. 70

土壤物理性と施肥、土づくり

土壤は土壤粒子（固相）と土壤溶液（液相）、土壤空気（気相）から構成されている。土壤の物理性とは土壤の硬さ、易耕性、透水性、保水性、通気性、保肥力など物理的な性質を指し、植物の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、植物生育にとって非常に重要な性質である。なお、土壤物理性は土壤を構成する3つの相（固相、液相、気相）のバランスに大きく影響される。

一、土壤固相、液相と気相

1. 土壤固相

土壤固相は土壤粒子から構成される。土壤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变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、ヒドロキシ基あるいは結晶水の形で水分を含有していることが多い。

2. 土壤液相

土壤粒子の間に多くの孔隙が形成される。その孔隙は土壤溶液と土壤空気によって満たされ、土壤液相と気相を構成している。土壤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。土壤溶液中の無機塩類の種類と濃度は土壤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、施肥された土壤では窒素、りん酸と加里塩類の濃度が高い。一方、アルカリ性土壤ではナトリウム、カルシウムなどの塩類濃度が高い。

3. 土壤気相

土壤気相とは土壤の孔隙に入っている空気を指す。土壤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較して低い。

また、土壤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、土壤有機物の生成と分解に携わっている。

二、土壤物理性のパラメーター

土壤物理性は土壤固相、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。特に土壤固相を形成している一次鉱物と二次鉱物の割合は土壤物理性に大きく影響を及ぼす。土壤物理性は主に下記のパラメーターで表れる（図1）。

1. 土壤硬度（土の硬さ）

土が硬いと農作業の能率が落ち、農作物の根が伸びにくく、水はけが悪くなる。土壤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（易耕性）は、土壤硬度との関連が深く、硬い土では耕うん、碎土がしにくく、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。

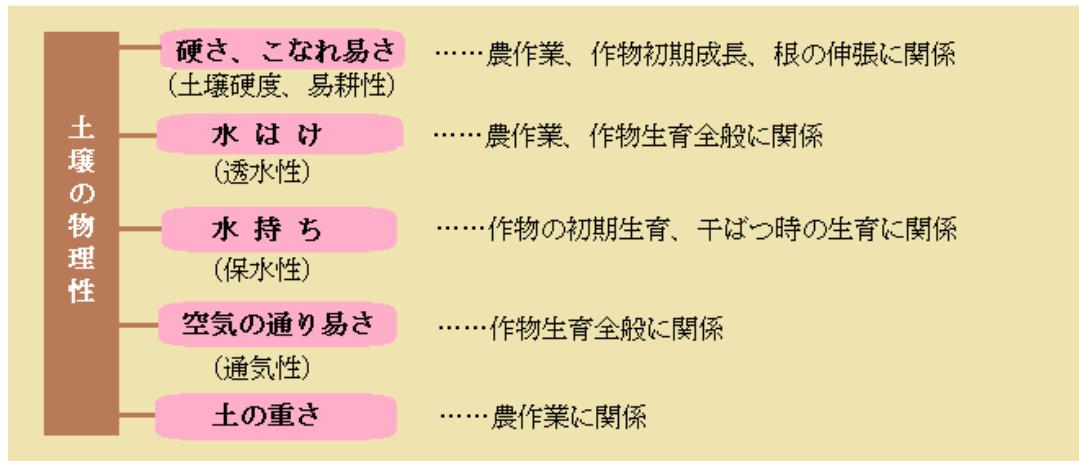


図 1. 土壤物理性と農作業、農作物生育との関係

2. 透水性（水はけ）と保水性（水持ち）

土壤の透水性と保水性は主に二次鉱物の量に関係して、二次鉱物の粘土が多いほど、土壤粘性が高く、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。土壤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壤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壤である。

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。土壤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）

土壤の通気性が気相と密接に関連して、土壤粒子間に大きな孔隙が多くなければ、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、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、透水性のよい土壤は通気性もよい。

4. 土壤の固相重（土の重さなど）

土壤の固相重は土壤嵩比重とも呼ばれる。一般的に腐植の多い土壤、火山灰性土壤が軽く、粘土鉱物の多い土壤が重い。腐植の多い火山性土壤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、土壤液相と気相の割合の多い土壤も軽い。

一般には嵩比重が軽い土壤は硬度が低く、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、土壤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、土壤物理性により土壤の分類

1. 磯土

土壤粒子が粒径 2mm 以上的一次鉱物は磧と呼ばれる。風乾した土壤の中に磧が 50%以上含まれ、二次鉱物の粘土鉱物がない土壤は磧土に分類される。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磧は角磧という。磧土の感触はごつごつした石ころで、粘土の感触が全くない。磧土の 3 相分布として、固相 55%以上、液相 0%、気相 40~45% である。磧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、農耕には全く適さない土である。わざわざ土壤を改良する必要もない。

2. 砂土

粒径 0.02~2mm の一次鉱物は砂と呼ばれ、砂の含量 85%以上、粘土含量 0~15%の土壤は砂土に分類される。砂土の感触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。施肥は少量多回で行うこととする。緩効性窒素肥料と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。土壤改良には粘土鉱物、例えばゼオライト、ベントナイト及び腐植酸資材を使用することで、土壤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%の土壤である。砂壤土の感触は、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。施肥は少量多回で行うこととする。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、土壤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

中間的な土壤で、砂含量 40~65%、粘土含量は 25~37.5%の土壤である。壤土の感触は、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、農作物の栽培に一番適する。施肥は壤土を標準に設計することが多い。わざわざ土壤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、土壤団粒構造を増やし、地力を維持することは大事である。

5. 塘土

砂含量 40~45%、粘土含量 50%以上の土壤である。塘土の触感は、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、粘りが強くつるつとした感覚である。塘土の 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碎けにくくなる。畑として耕作には困難で、畑作物の栽培にはよくない土壤であるが、水田には適している。

塘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壤にみられるほか、十分に粘土粒子の団粒を分散させた火山灰土壤も塘土に属する。施肥は壤土を標準にするが、土壤改良が必要で、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%以上の土壤である。可塑性、粘着性に富み、適當な水分があれば、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、粘りが強くつるつとした感じで、砂粒を感じない。下層に緻密で難透水性の土層を有するため、停滞水を生じやすい。透水性が不良で土壤の還元状態と酸化状態が繰り返しにより、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。重粘土の 3 相分布として、固相約 40~70%、液相 30%以上、気相 15%以下である。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碎けにくい。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い。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。農業生産に適さない土壤である。

重粘土は北海道北部の台地に広く分布し、その大半は粘土質段丘堆積物起源の疑似グライトである。明渠、暗渠等による排水と木炭、バーミキュライト、パーライトなど土壤改良材の施用が必要である。

土壤の通気性、保水性、透水性の良し悪しはほとんど土壤固相、液相と気相の割合によって決まる。農作に適する土壤は、固相が 40%ぐらい、液相と気相がそれぞれ 30%ぐらいがよいとされている。また、植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。

土壌物理性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。団粒が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る（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。

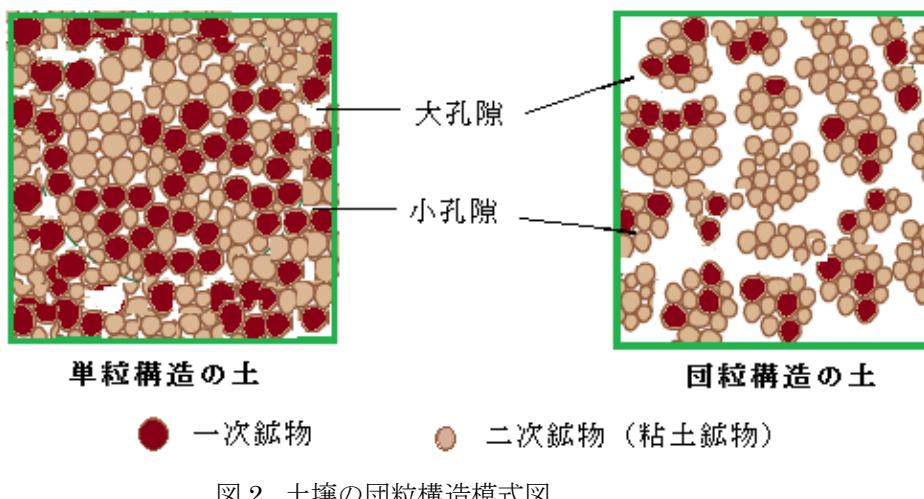


図 2. 土壌の団粒構造模式図

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、粘土含量の多い土壌では深耕や下層心土の破碎、暗渠や明渠などを設けることで生産性の高い土壌三相を作るには有効である。