

## 有機堆肥を長期施用した不耕起畑の土壌物理性

515311 岡野 綾 (土壌圏循環学教育研究分野)

**はじめに** 化学肥料の連用や土壌の耕起は土中の有機物量の減少を促すといわれている。そこで近年、持続的農業の視点から有機堆肥の活用や不耕起栽培が注目されている。すなわち、有機堆肥や不耕起栽培により、土中有機物量が増加し、団粒構造が発達することが期待される。団粒構造には、数十 nm～数 mm までの幅広い階層性があるといわれており、この階層性により団粒内外の間隙サイズや分布、表面積などの土壌構造が変化すると考えられる。さらに、こうした土壌構造の変化は保水性や透水性など土壌の物理性にも影響を及ぼすと思われる。そこで本研究では、有機堆肥と不耕起栽培による土壌の構造変化と保水性・透水性の関係の検討を目的に乾燥密度と比表面積、水分特性曲線、不飽和透水係数の測定を行った。

**調査地と試料** 農業環境変動研究センター (茨城県つくば市) の 3 つの大豆作付け圃場と裸地を調査地とした。それぞれ、化成肥料を 30 年間連用し、每期作物根を取り除いている耕起圃場 (化成根なし) と作物根を残している耕起圃場 (化成根あり)、化成肥料を用いず落ち葉のみを 30 年間連用し、作物の根を残している不耕起圃場 (有機)、常に植物を絶やし堆肥を一切使用していない圃場である。2019 年 3 月 13 日に各圃場の表層から 100 mL 容サンプルで不攪乱土壌を採取した。同時に、化成根なし、化成根ありと裸地については 0～15 cm 深の、有機については 0～5 cm 深 (有機上層) と 5～20 cm 深 (有機下層) の土壌を圃場内の複数点より採取し混合した。有機の土は、他の圃場と比べふかふかしており、色も濃い黒色だった。

**実験方法** 乾燥密度は 100 mL 容サンプルの試料の炉乾重量より求めた。比表面積は、水分吸脱着測定装置を用いて水分活性  $a_w$  と水蒸気吸着体積  $V$  の関係を脱着過程と吸着過程で測定し、測定結果に BET 式 (1) を適合することで求めた単分子吸着量  $V_m$  から算出した。ここで  $C$  は吸着熱に関する定数である。

$$\frac{a_w}{V(1-a_w)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(C-1)a_w}{V_m C} \quad (1)$$

水分特性曲線と不飽和透水係数を求めるため蒸発実験の逆解析を行った。10 cm 長のアクリル円筒に試料を現場の乾燥密度で充填した後水分飽和した。カラム上端に小型ファンを設置して、地表面から水分を蒸発した。蒸発過程における 2.5、7.5 cm 深の土中水圧力  $h$  の変化をテンシオメータで、蒸発量を電子天秤で測定した。蒸発実験で測定した土中水圧力と積算蒸発量、蒸発実験後に測定した土中の含水率分布と、吸引法・加圧板法・露点法で測定した水分特性曲線を目的関数とし、リチャーズ式 (2) の数値解を適合することで水分特性曲線関数と不飽和透水係数関数  $K_{lh}$  のパラメータを推定した。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K_{lh} \left( \frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) + K_{vh} \frac{\partial h}{\partial z} \right] \quad (2)$$

ここで  $\theta$  は体積含水率、 $K_{vh}$  は水蒸気の透過係数である。

### 結果と考察

**【乾燥密度】** 図 1 に各試料の炭素含有率と乾燥密度の関係を示す。有機上層と有機下層の炭素含有率は他の試料と比べて高く、乾燥密度は小さくなった。有機堆肥の連用や不耕起栽培により土粒子やマイクロ団粒をつなげるサイズ

の有機物が増加し、土壌構造が立体的に広がったことで、単位体積当たりの土粒子やマイクロ団粒の数が減少したと考えられる。

【比表面積】図2に各試料の炭素含有率と比表面積の関係を示す。吸着、脱着の過程に関わらず炭素含有率が高いほど比表面積は大きくなった。また、炭素含量が高いほど水蒸気の吸着量と脱着量のヒステリシスが大きくなり、比表面積の差も大きくなった。有機堆肥の連用と不耕起栽培により粘土粒子表面に吸着する分子スケールの有機物鎖が増加し、こうした有機物鎖への水分子の吸着や乾燥にともなう有機物鎖の難可逆的変化が比表面積の増加とヒステリシスを引き起こしたと考えられる。

【水分特性曲線】図3に各試料の水分特性曲線を示す。試料間で乾燥密度が異なることから、図の縦軸は単位乾土重あたりの保水量(含水比)として表した。有機上層と有機下層は他の試料と比べて保水性が高かった。また、化成根なしと化成根ありの保水性は裸地と類似した。さらに式(3)より等価毛管半径(間隙径)  $r$  を求めた。

$$h = -\frac{2\sigma}{r} \quad (3)$$

ここで  $\sigma$  は表面張力である。図4に化成根なしと有機下層の間隙径の変化に対する保水量の変化量  $\frac{dw}{dr}$  を示す。いずれの試料についても  $100 \mu\text{m}$  と  $1 \mu\text{m}$  近傍の間隙径にピークが現れた。また、これらのピークは有機下層の方が高かった。これらのピークは数 mm と数十  $\mu\text{m}$  の団粒群にそれぞれ相当する。有機堆肥の連用と不耕起栽培を行っても団粒の構成サイズはほとんど変わらず、有機物の増加により、それぞれのサイズの団粒数が増加したと考えられる。

【不飽和透水係数】試料の不飽和透水係数  $K_{lh}$  と土中水圧力の関係を図5に示す。有機上層と有機下層の透水性は他の試料より乾燥密度が小さいにもかかわらず低かった。土粒子やマイクロ団粒間をつなげている有機物が通水経路を塞ぐためと考えられる。

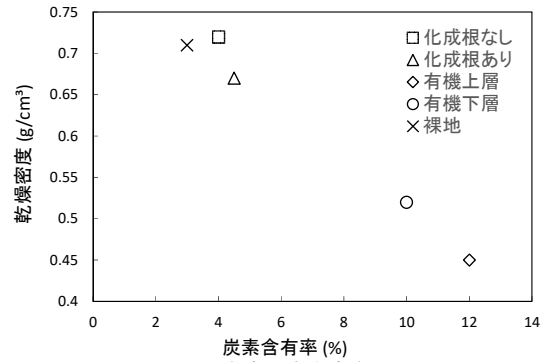


図1 乾燥密度と炭素含有率の関係

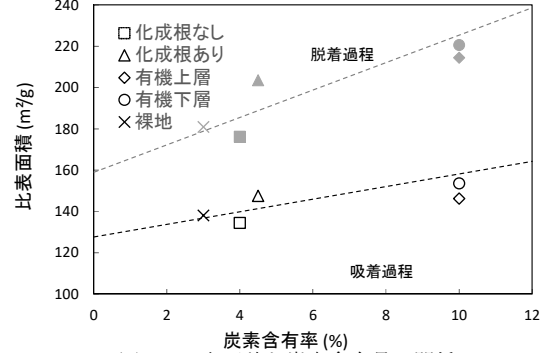


図2 比表面積と炭素含有率の関係

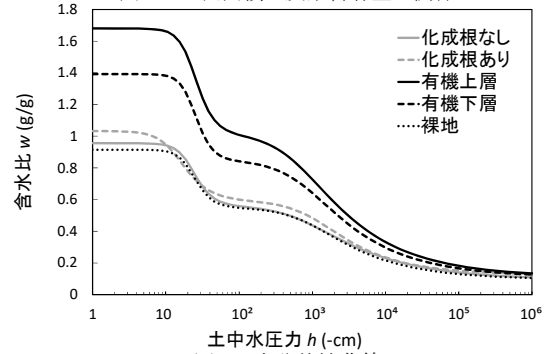


図3 水分特性曲線

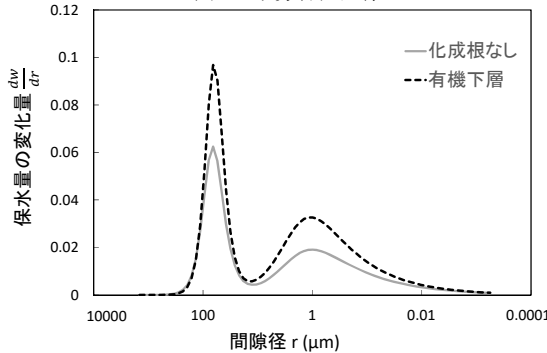


図4 間隙径分布

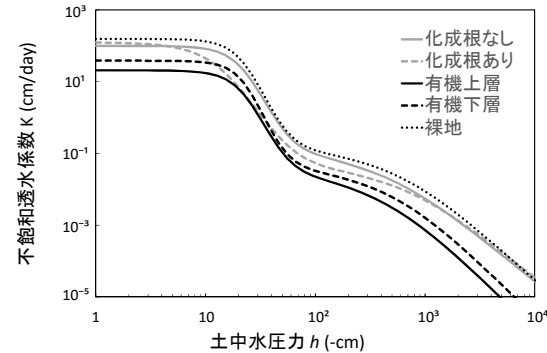


図5 不飽和透水係数