

# 土壌の有機物、耕耘法、輪作

農研機構 九州沖縄農業研究センター

有原文二

## 1. 土壌窒素

18世紀の英国では農業生産性が大きく向上し農業革命と呼ばれている。それは「飼料カブー春オオムギー赤クローバー秋コムギ」のノーフォーク式輪作により実現できたとされてきたが、生産性が向上したのはマメ科作物の栽培で土壌有機態窒素が蓄積されたためであるとする意見がある (Allen, 2004)。私も土壌有機物増大が農業生産性向上の理由と考えている。ところが第2次世界大戦後、尿素や硫酸などの普及で作物収量が飛躍的に増大すると、土壌有機物の重要性は忘れられてしまった。英国のロザムステッド農業試験場の160年もの歴史を持つ堆肥連用試験でも1970年代までは堆肥連用の効果はみられず、有機物不用論の根拠となってきた。しかし1980年代に多収オオムギ品種が導入されると肥連用区の収量が化学窒素肥料区の収量を大きく上回るようになった。これは化学肥料全盛の今でも土壌窒素の重要性を改めて明確に示している。土壌では窒素無機態窒素はガスとなったり、水に溶解して土壌から失われやすい。窒素は土壌中の生物に取り込まれてはじめて維持される。土壌の窒素肥沃度を維持するにはどうしても有機物が必要なのである。

## 2. 温度と土壌有機物

土壌有機物は地温が高いほど分解されやすい。炭素の土壌中滞留期間は温帯では $63 \pm 7$ 年であるが、熱帯では $36 \pm 5$ 年とかなり短くなっている (Six, J. ら、2002)。このため、気温の高い地帯では土壌の窒素肥沃度も低下しやすくなる。土壌の有機物は金属イオンと結合すると分解されにくくなるが、暖地ほど土壌中の金属イオンも溶脱で失われやすい。これも暖地ほど土壌有機物が少なくなる原因となっている。

イオン成分の少ない土壌はpH緩衝力が小さいため、降雨でイオン成分が溶脱されると簡単に土壌が酸性化してしまう。圃場のわずかな水たまりでも酸性化するため、作物の生育が劣り、生育量のバラツキも多い。このような土壌ではイオン保持に果たす有機物起源の有機酸や腐植酸の役割が非常に大きい。さらに有機物は土壌水分保持力も増大させる。このため温暖地ほど土壌有機物が作物生産に果たす役割は大きくなる。

西アフリカのサヘル地帯のような半乾燥熱帯の主要穀物であるパールミレットは、リン肥料を作物残渣と一緒に施用することで施用効果が大きくなる。これは土壌有機物が持っている水分保持効果のためと考えられている。

## 3. 耕耘と土壌有機物

日本では北海道の十勝地方は畑作地帯として有名であるが、そこで土壌有機物減少の最大の原因となっていたのはプラウによる耕耘であった。耕耘回数を減らすことは堆肥や作物残渣の施用以上に土壌有機物増大に効果的である。

土壌団粒は保水性、通気性、通水性を向上させ、作物生育に好適な条件を作り出すが、これも耕耘によって減少しやすい。団粒の安定化度はプラウ耕4年で最も低くなり、不耕起、草地

と高くなり、不耕起や草地の継続年数が多くなるほど高くなっていった。Wrightら（1996）は土壌から菌根菌（AMF）菌糸のタンパク（glomalin、グロマリン）を見だし、AMF菌糸が土壌粒子に巻き付くと団粒が形成され、団粒は耕耘によって簡単に壊れるうえ、菌根菌自体も耕耘で死滅してしまうという。グロマリンは土壌全炭素の13%もの炭素を含み、腐植酸の炭素量の9倍にもなり、土壌全窒素の7%もの窒素を含んでいて、腐植酸の含有率の1%よりはるかに多い。このように土壌有機物の動態には菌根菌が大きな役割を果たしていることが明らかとなってきている。

作物の中には菌根菌と共生して始めてリンやアンモニアの吸収を円滑に行える作物も多く、その効果は濃度が低いほど大きくなる。最近では、菌根菌が有機態の養分吸収を促進するとの報告もある。菌根菌と共生する作物を作付体系に組み入れることは有機農業を進めて行く上で極めて重要である。

一般にトウモロコシ、ダイズ、ヒマワリなどの夏作物は菌根菌と良く共生し、その菌糸が土壌からのリン吸収を助けている。一方、ナタネ、ソバ、テンサイなどは菌根菌と共生せず、跡地土壌のpHを低下させることによってカルシウム型リンを吸収する。さらに菌根菌の菌糸は土壌粒子に巻き付くが、それが土壌の団粒構造そのものようである。主成分のグロマリンは分解されにくく団粒構造を維持している。これまでグロマリンは測定法がなかったため見逃されてきたのであるが、土壌有機物のなかでも重要な成分のようである。

#### 4. 作付体系と土壌有機物

作物の根の性質をみると、菌根菌との共生関係以外でも、種類によって異なっている。このためその違いを考えた栽培法が必要である。トウモロコシは開花期以降に支根を伸ばすが、多糖類を分泌して跡地の土壌を硬くする。一方、ダイズは土壌有機物を分解するようである。このためプラウで耕起するとトウモロコシ跡地はごろごろした土塊となるが、ダイズの場合にはさらさらした土壌となる。

また、パールミレットはカウピーとの輪作や間作で大きく増収するが、輪作では土壌の有機態炭素量が連作より大きく増えていること（Bationo, 2002）が、その理由と考えられている。パールミレットとカウピーの輪作で土壌有機物が増える理由としてBationoはカウピーの落葉をあげているが、Rasseら（2005）は、マメ科作物の地下部の土壌での平均残留期間は地上部の2.4倍あるとし、マメ科作物の地下部がもともと分解されにくいというえ、金属と結合してさらに難分解性となるためと推測している。

豆科作物にはキマメのように砂質土壌に栽培するとpHを低下させ、後作物の生育を阻害することもあるが、落花生やラブラブビーンの場合にはそのようなことはなく、サヘルで栽培されている理由がよく分かる。

#### 5. 今後の展望

20世紀は物理と化学の時代といわれ、農業でも機械、肥料、農薬により生産性が大きく向上してきたが、21世紀は生物の時代であり、農業も生物の機能を生かしたものとなっていくであろう。輪作や不耕起栽培は生物の機能を活かすシステムであり、今後、農業生産上ますます重要になっていくと思われる。