

# 理想的根系と土壌

## 河野恭廣

### 空間としての土壌

土壌は生成時から、不均質な属性をもつ空間的な構造体である。その空間を構成する気相、液相、固相は動的な関係にあり、液相の水が失われれば、気相が増加し、風化、収縮や有機物の減耗などによって固相も変化する。これらの過程には植物根系、土壌動物や土壌微生物活動などが関わるとともに、逆に変化した空間の状態はそれらの活動を規制する。この変化は土壌の深度によっても異なる。この様な土壌空間の性質は、生物活動に対して様々な環境を提供する。また、その性質は大気や水空間の性質に対比して、光がない暗黒の空間であることともに、変化の時間においても尺度が異なる。それは空間の不均質性が、自然の作用によって均質化していく時間を考えても容易に理解できる。この様な点から、土壌空間における生物の活動を、比較的均質で抵抗の少ない大気や水空間の生物活動と同じ次元で理解するのは困難であり、パラダイムの転換が必要であると考えられる。理想的根系を考える上でも、一つの重要な視点ではなかろうか。

### 根系構造と根系形質

これまでの一連の研究で、われわれは、イネ科作物が乾燥条件(pF3.0)から湛水条件までの土壌水分域で、乾物生産能力の低下はあっても、いずれの種も種子を生産しうることを認めている。

幼植物期から出穂期までの様々な発育段階でえられた、夏作及び冬作イネ科作物15種の全測定値183点を用いて、地上部乾物重(S)と根系乾物重(R)の間の単相関を調べた。その結果、実験年度、ポットの大きさ、種・品種・系統、土壌水分(乾燥・適湿・湛水)などの違いがあっても、回帰式と相関係数は、 $S = 3.616R + 0.662$  ( $r = 0.862^{***}$ )と極めて高い正の相関が認められた。

この結果は、地球の寒冷化と乾燥化とともに進化してきたイネ科植物種が広範な土壌水分域で、ライフサイクルを全うするために、地上部と根系間の乾物分配を調律する能力を共有することを物語るものであろう。そして、この結果は、根重を対象形質として種間・品種間差異を見いだすのは困難であり、むしろ実際の各種水分域での生育の良否の原因を、根系へ分配される乾物利用の仕方の差異に求める方が、有効であることを暗示しているように思われる。

全根系の長さや表面積の約90%を占める側根と、それらを土壌空間に配置する「場」として、そして地上部と側根との間の養水分の供給経路としての節根軸とを区別する必要がある。全根系重の面からみて、側根は約20%を占めるに過ぎないと推定される(郭・河野1993)。この様な乾物の長さへの転形効率の高い側根の発達の良否が、理想的根系を考える上での一つの鍵を握っていると考える。

イネ科作物の側根にはL型とS型の二つの型の側根がある。前者は太く、長く、高次の側根を発達させ、長さの変異も大きい。後者は短く、細く、高次の分枝は行なわず、比較的均一の長さである。これまでのわれわれの研究室での実験結果では、イネ科作物のどの種でも、L型側根は乾燥ストレスで増加する。そのような条件下では節根数が減少するから、節根に対する保障的な性格の側根と考えている。事実、種子根一本だけで育てたハトムギでは対照区に比べてL型側根が約7倍と増加する。一方、S型は短く、分枝はしないが、全側根数や全根長で、それぞれイネで94%と75%、トウモロコシで93%と60%を占め、根系の機能を評価する上で大切な器官である。殆どS型で占められるイネ種子根系の窒素の推移からみると、S型は葉的性格を、節根軸は胚乳的性格をもっているのは大変興味深い。

一方、側根を土壌空間に配置する節根の伸長速度は、乾燥からの逃避という面から重要である。また、側根の発生の「場」としての節根の走向角は、根系の枠組みを決定する上で重要な形質であるが、土壌環境の影響を受けやすい上に、種間差異も大きく、理想的根系の根系を考える際のもう一つの鍵を握っていると考えられよう。

## 作物の根系の可塑性

自然が行う土壌の均質化の過程を、耕うんという人為によって短縮化を図る農耕地土壌においても、作物の収量は、改良された作物の遺伝的形質と太陽輻射エネルギーの組合せによって期待されるほどの高収量が得られないばあいが多い。それは多くの場合、すぐれて土壌に由来するストレスが原因している。作物は、そのストレスを先ず最初に受ける根系を様々に変化させ成長を図る。したがって、収量や品質を生産目的とする作物における理想的根系とは、根系に配分されるより少ない光合成産物を効率よく利用して、あらゆるストレスに対して安定した個体成長を保障する柔軟性を具備した根系と規定できる。

土壌環境に応答して作物が根系の発達状態を変化させ、ライフサイクルを全うする能力を、O'Toole & Bland (1987) は「表現型の可塑性」(phenotypic plasticity) と呼び、「一つの遺伝子型が自然環境に反応して異なる表現型を示しうる能力」と定義し、ストレス環境における収量の安定性ととの関連から注目した。

彼らの総説では、イネ科作物と双子葉植物に関するものが取り上げられており、それらの中で取り扱われている形質は根重が最も多く、次に根長、地上部と根重の比、根面積、根の太さ、根数、根の伸長速度などとなっている。これらの根系の「表現型の可塑性」評価に関する研究は、究極的に育種的利用を目指したものである。しかし、多くのばあい圃場条件下では、複雑な外部環境要因が品種間差異を覆い隠すために、あまり成功していない(Russel 1977)。その原因は形質間の可塑性の程度の違いに対するデータの蓄積が足らないことに起因するように考える。

## 土壌空間の管理技術と理想的根系

農業は、土地(土壌)と労働力と技術によって営まれる。「文明の進歩とともに、人間は多くの技能を身につけたが、己の食糧の重要な拠りどころである土壌を保全することを習得した者は希であった」とするV.カーター(1975)の指摘は、われわれにもう一つの理想的根系を考える必要性を提起しているように思われる。根系は、土壌空間の生物活動の一員として、土壌生成の過程で重要な歴史的役割を担ってきたし、現在でもそうであるはずである。

コムギやイネで計測された結果からみて、一作後107-ル当り乾物にして約150~200kg近い根系を土壌空間に残す。この残渣は土壌生物の食物連鎖網に入り、また張り巡らされた根系は粗孔隙として土壌構造の形成に関与し、後作の作物根の成長や水の移動にも影響する。深根性で、硬盤層を貫通しうる根系は、深層への有機物供給者として、そして土壌構造形成者としての役割を果たすのみならず、流亡した無機養分を再び生物界に取り入れる役割を演ずることにもなる。そして結果として、土壌空間の拡大に寄与するであろう。

土壌微生物と根系との関係は、Hiltner(1904)以来、幾多の蓄積がなされてきたが、土壌動物と根系との関係は根食性のものや、土壌耕うん作用との関係に限られているように思われる。土壌動物群は、単に腐食性や肉食性のものばかりでなく、菌食性のものもあり、微生物を介して根系活動に影響を及ぼしているはずである。このように、根系-土壌微生物-土壌動物は、相互に影響しあって、土壌空間の安定した生態系を形作り、病原性・植食性の土壌微生物・動物の侵入や異常増殖を制御している点に再度注意を払う必要がある。地球上での土壌生成の歴史的過程を振り返り、農耕地の土壌空間の生産力向上と、その持続性をも視野に入れた理想的根系も考えられる時期にあるのではなかろうか。

## おわりに

「米作日本一表彰事業」の技術解析は、深耕・客土・有機物投入と水管理技術の重要性を導きだした。かつて田中(佐賀大)は、多収穫田のイネの根系を見て、「絹糸のような白い細い根の発達」に注目し、さわった感触を「あたかもきざみタバコを握ったようである」と記述している。この叙情的記述は、理想的根系と土壌を考える上できわめて示唆に富んだものであり、若かった頃の筆者の頭に強く刻み込まれている。