

佐賀大学農学部  
作物学研究室 有馬 進

本誌第1巻2号で山内氏によって取り上げられた「根系構造」の問題は、多くの皆さんがそれぞれの視点から解析を進めておられます。しかし、「根系構造」というと、分枝の形状、太さ・重さ・長さの土壤中の分布、伸長方向など色々浮かんでくるものの、さて何をもってそういうのか定まってははいないようです。そのことは、根の研究会でお話していただくこととして、ここでは、わが研究室で田中典幸氏が中心となって始まったマメ科作物の根系構造の解析についての研究経過を紹介いたします。

第1ステップ：根系形成過程からみた根系構造の形態的説明<sup>1,2,3)</sup>

マメ科作物の根群は、形態的にみて極めて多様ですが、いずれの場合も主根となる幼根の伸長によって始まり、主根から順次分枝根を発生させながら形成されます。一方では肥大が進行し、これら伸長、分枝と肥大生長の有機的な組合せによって根群が形成されます。また、マメ科作物では主根以外の部位からも発根がみられます。このような視点から、マメ科食用作物25種を対象として体系的な観察解析を行った結果、マメ科作物の根系構造は、その形成過程における分枝習性や肥大生長のパターンおよび植物の形状の違い、それらの要因を総合して、それぞれの特性を系統的に整理すると、3つのグループに分類されました(表1)。

表1. マメ科作物における根系の類別と特性

	分枝習性	肥大生長型	根群の形貌
第1群	エンドウ型	小肥大型	繊維状根 (等径分枝根群)
第2群	ダイズ型	基部肥大型	中間状根
第3群	アルファルファ型	肥大型	樹枝状根 (異径分枝根群)
	根群の分布	炭水化物の貯蔵性	不定根の生育
第1群	可変性	低い	殆んど認められず
第2群	浅根性	中間	旺盛
第3群	深根性	高い	貧弱

第2ステップ：根系の形態を考慮した量的解析<sup>4)</sup>

根系構造を解析する際には、まず、基本的形質である根の量を把握する必要があります。しかし、根系調査には、多大の時間と労力を必要とし、サンプリングが極めて困難です。そこで、第1ステップで解明した根系形成における基本的形質、例

えば、分枝習性や肥大生長の規則性を基にし、さらに、根系各形質の相互関係を詳しく解析し、根系に関する数学モデルの作成を行いました。数学モデルを用いれば根系全体の様相と相関が高い一部の形質を測定するだけで根系の全体像を把握することが可能であり、マメ科作物の根系構造解析の有力な情報となります。この時点で着目したのは、主根の基部直径でした。すなわち、ダイズにおいて主根の基部直径と1個体の全根重との間には密接な相関関係が得られ、その他の諸形質についても密接な相関関係がみられました。そのような諸形質間の関係を基に樹形のパイプモデル理論を応用して根系のパイプモデルの創出を試みました。その結果、ダイズの根を根径1mmの直径階級に分類した場合、各階級内の合計根長と主根基部直径との関係式が示され、主根基部直径を測定すれば根長と根径の関係が求められることが分かりました。

### 第3ステップ ‘ルートモデル’による根系構造の解析<sup>2,5,6)</sup>

ダイズ根系は、種々の生育条件下で、その分布と形態を様々に変化させたにもかかわらずパイプモデルにほぼ一致する構造を示します。そこで、根の直径階級を第2ステップの場合の1mmからさらに0.1mmと狭めて、詳細にパイプモデルに対する適合性を検討しました。その際、ダイズ根系を一定の長さの短材に切断して直径階級別に集め、集めた根の体積と等しく、同じ直径階級幅を高さとする根の円盤を作り、これを直径の小さな細根の円盤から順に積み上げた根の直径階級別根体積の円盤柱を作製しました。もし、根系がパイプモデル理論に当てはまっている構造なら、その円盤柱は、いずれの直径階級の円盤も直径が同一となり、完全な円柱となるはずですが(図1)。しかし、その結果は、パイプモデルの適用限界が直径約1mm以上の比較的太い根までであり、それ以下の細根はモデルから予想される量より著しく多いことを示唆するものでした。すなわち、その円盤柱(直径階級別の根体積分布の片断面図:図2)は、下部が太くなり1mm以下の細根量が多いことを示したのです。

ダイズ以外の数種のマメ科作物についても円盤柱を作製したところ、いずれの場合もダイズとほぼ同様な形状となりました。このような細根部が多くなる根系の構造は、既に周知の事実ですが、あらためてその事を重視し、この円盤柱を‘ルートモデル’、と呼ぶことにしました。また、「形態は生理作用の総合的表現である」と

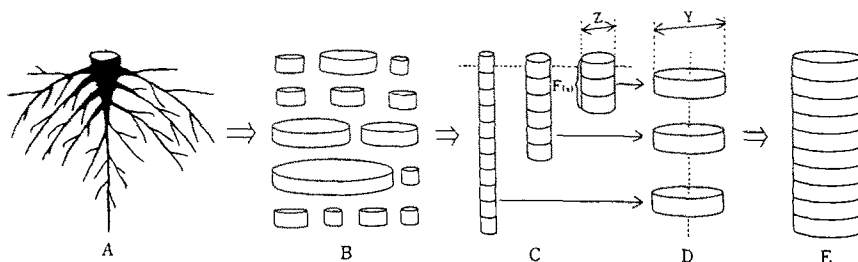


図1. ルートモデルの作製過程

A, 根系 B, 一定長さの短材 C, 根径別根長 D, 根径別円盤 E, ルートモデル

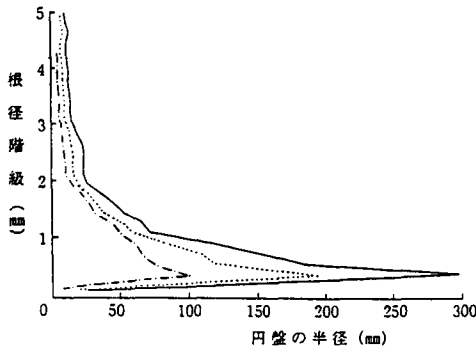


図2. ダイズのルートモデル (片断面図)

--- : 播種25日後, ..... : 播種50日後,  
 ——— : 播種75日後

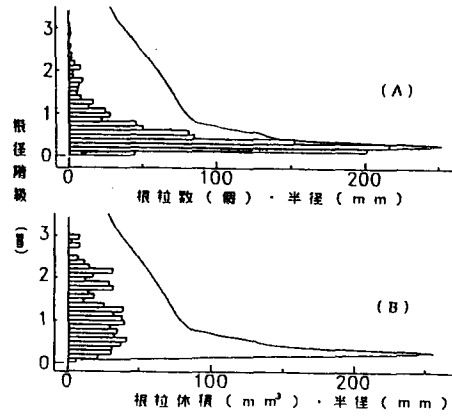


図3. ダイズのルートモデルと根粒の関係  
 (A)は根径別根粒数 (B)は根径別根粒体積  
 線はルートモデル □は根粒数量

いう恩師の言葉<sup>9)</sup>に照らすと、このルートモデルは、根の通導系と吸収系の量的割合を検討する場合の視点を与えるものではないかと考えられます。なお、ルートモデルによる根系構造の解析は、マメ科作物だけでなく、多くの植物根系についても可能であり、根系構造の種間比較や環境条件に伴う根系構造の変化を捉える場合にも用いることができると考えられます。

#### 第4ステップ：ルートモデルによる根系構造と根粒着生の解析<sup>8)</sup>

周知のように、マメ科作物における根系機能の評価は、根系の形態的な解析だけでは不十分であり、根粒による窒素固定能の解析を合わせて行う必要があります。根系形成と根粒の着生・発育が、地上部の生育の良否に左右され、また、いずれも土壤中の複雑な生態系のもとで進行するため、根系の総合的な解析はきわめて難しいと思われま。根粒に関しては多くの先達がおられますので、根粒に関する知識をほとんど持ち合わせてない私達は、とりあえず、根系における根粒の着生状況をルートモデル上に示して根系構造と根粒の関係を量的に検討することにしました(図3)。そのうちに、アドバイスをいただいて根粒の機能も合わせた解析を可能とするつもりです。

#### 第5ステップ：根系の生育診断法の確立

作物の生育診断は、もっぱら地上部に対して行われています。根の診断も一部に行われてはいますが、地上部の場合のように栽培や育種の分野へフィードバックするまでには至ってはいないようです。その点、作物学分野の根に係わっている皆様の研究の進展に期待しておりますが、当方でも暗中模索しております。そこで、栽培現場において、根系の構造と機能の総合的な診断を量的解析とルートモデルによって試みようと考えました。ただし、実際に全根系を採取してルートモデルを当てはめることは、労力と時間がかかります。また、根系採取のために生育中の作物や

圃場を荒すことは、極力避けたいことです。そこで、月並みですが、コアサンプリング法により採取した根系の一部分にルートモデルを当てはめて診断する手法となるでしょう。その場合、根系の一部に当てはめたルートモデルの精度を保つための根系の採取部位と量および採取点数の検討が必要となります。このことについては、第1ステップでのフィールドにおける根群形成<sup>1)</sup>・分布<sup>7)</sup>の観察結果やコアサンプリング法の実施資料<sup>10)</sup>を基に検討しております。

## 参考文献

1. 田中典幸 マメ科作物の根群形成に関する研究 (1977)  
佐賀大学農学部彙報 43, 1-82
2. 田中典幸 「根の研究」-退官記念論文集- (1994)
3. 田中典幸 マメ科作物の根系 (1994) 根ハンドブック93-94
4. 田中・窪田・有馬 ダイズにおける根系の量的解析 (1990)  
日本作物学会紀事, 59, 270-276
5. 田中・有馬・原田 パイプモデル理論に基づくダイズ根系の通導機能の量的  
解析 (1992) 日本作物学会九州支部会報, 59, 62-63
6. 田中・三原・有馬・原田 ダイズの根系構造のパイプモデル適合性とその範囲  
(1994) 日本作物学会紀事, 63, 63-67
7. 田中・有馬・原田 根系構造のフラクタル解析に関する研究 (1994)  
佐賀大学農学部彙報, 76, 81-85
8. 有馬・小川・原田 ルートモデルによるダイズの根系構造と根粒着生様式  
の解析 (1995) 日本作物学会紀事, 64(別1)
9. 藤井義典 稲・麦における根の生育の規則性に関する研究(1961)  
佐賀大学農学部彙報, 第12号 6
10. 田中・窪田・阿比留 改良コアサンプラーによる水稻根系の調査法について  
(1985) 日本作物学会紀事, 54 4, 379-386