

# 牧草根の土壌把握作用

小林 裕 志\*

Studies on Soil Holding Function with Pasturage Grass-Roots

Hiroshi KOBAYASHI

Laboratory of Grassland Science

Faculty of Zootech., Kitasato University

**Summary** With the latest advance of large-scale grassland agriculture is not only a high productivity of good quality forages for livestock but also high function of land conservation. On this occasion, we must make obviously which the physical effects of pasture cropping on the grassland soils.

In the present paper, I deal with the soil holding function of pasturage grass-roots as a part of roots on grassland soil.

The results obtained are as follows.

1) Soil compact strength of perennial roots shows high value, for example in perennial roots of Tall Fescue, its value is 70 kg or more per one tiller. And also, top vegetations which are good conditions show high value.

2) The vigorous roots of Italian Ryegrass which are cultivated in the glass box are used in the experiment of soil holding function by grass-roots. Holding soil weight of all roots per one tiller are increased rapidly with the advance of growth stage. However, as the conversion for one root, this weight is not increased after 8-week growth.

3) The conditions of holding soil particles of vigorous roots investigated by microtechnique. The root hair which grows from adventitious roots or branch roots hold directly soil particles.

4) The points of contact of root hairs with soil particles are investigated by the microchemical method. It gives the result that the vigorous roots or root hair distribute between voids of soil just as netted conditions, and adhere to soil particles with their pectic substance.

5) It is recognized that the correlation between the adhesive power of vigorous roots and growth of branch roots has a high significant level.

6) The author thinks that the adhesive interaction by the pectic substance which is secreted from vigorous roots is first step in the aggregation of soil.

## 1. はじめに

わが国において草類が作物として認識されてきたのは、大家畜の発展とともにであったため草類の農学的な研究は家畜飼料としての量・質的価値についての検討が第一義であった。このため、草類の地下部もまた土壌からの養水分吸収器官としての機能を論議されることが多かった。

しかしながら、草地農業の先進諸国においては、草類

のもつ土壌保全的機能についてもまた少なからず指摘されてきている。すなわち、密生作物である牧草は農地表面を被覆し豊富な根群を有するところから、損失水の軽減や風蝕・水蝕による流亡土壌の減少効果などが認められている<sup>1)</sup>。このうち牧草の根群について土壌保全的機能をみれば、根による土粒子把握作用がその基本的な機序と考えられる。

筆者は数年来、主としてイネ科牧草根を対象に、これの土壌保全的機能に関し牧草および土壌の両面から検討をつづけているが、その理由としては、繊維根と称さ

\* 北里大学畜産学部

れる根系を有するイネ科牧草類はマメ科牧草にくらべその地下部器官の生態があまり知られていないこと、および直根系であるマメ科にくらべ面的な拡がり大きいイネ科牧草の方が土壤保全の観点においては有利ではないかと考えられたことによるものである。

## 2. イネ科牧草根の生育形態と力学的強度

牧草根の土壤把握作用を検討するにあたり、牧草種子の発芽から幼根のハ種床定着といった牧草の生態的な側面を知っておく必要がある。そこで本論に入る前に、筆者がこれまでに明らかにしてきたイネ科牧草類の地下部に関し若干の総括を試みたい (Fig.—1)。

イネ科牧草種子のハ種床定着は不定根 (adventitious root) および不定根から分枝発生する側根 (branch root) が重要な役割を果たすが、培地の理化学的条件を均一にした栽培試験によれば、イネ科牧草の根系は主流根群グループを形成し、これの根長・根径は生育時期や草種によって大きな差異は認められず根長 15~25cm, 根径 400~600  $\mu$  の範囲に集中することが明らかになった<sup>2)</sup>。すなわち、イネ科牧草根の特質として肥大生長や深さ方向への伸長をあまり期待できないところから、主流根群域における本数拡大を可能ならしめるような土壤

環境を与えることが初期生育における植物体の堅持、換言すれば牧草根の土壤把握にとって重要であると考えられる。

また、不定根や側根が無数に土壤中に貫入して草体を固定するわけであるから、ここに部材ともいふべき個々の根の力学的強度も問題となってくる。根のひっぱり試験機を試作し、個々の不定根がもつひっぱり切断に対する抗張力を検討した結果、前述の主流根群を構成している根が最大抗張力を示すことが明らかになった<sup>2)</sup>。このことは、土壤保全の側面からみてイネ科牧草根の有利性となってくる。すなわち、土壤の侵蝕やセン断破壊に抵抗するための材料として草根をとらえた場合、大きな力学的強度をもつ根が密生することが望ましいわけであるが、この意味では主流根群を構成する根が他の位置にある根より大きい強度を示すことから、イネ科牧草はその特性として上述の要求に応えるものと考えられる。

## 3. 牧草永年根群による土壤緊縛

### (1) 試験方法

**供試草種:** 北里大学畜産学部附属草地 (十和田火山起源の砂質ローム土壤) において、造成6年目および2年目の両区に生育している諸草種の中からチモンシーを選定し、これの平均的な生育を示す個体について、2年草地区75個体、6年草地区100個体を供試した。

**緊縛強度の測定:** 各個体を地際からひき抜く時に示す抵抗値を根群の緊縛強度と定義した。予備試験では草体の基部をたばねてひき抜いたが、地際で切断する例が多く正確な測定値が得られなかった。そこでスプリング式張力計 (容量100kg) を使用し、株下5cmの土中に  $\phi$ 10mmの鉄ピンを十字型にさし込みワイヤーロープで張力計と連結測定した。

### (2) 試験結果および検討

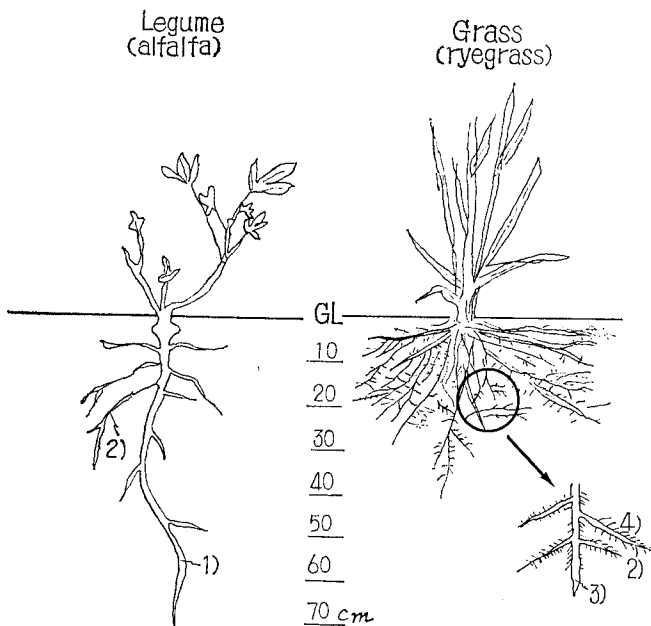
測定結果を Table—1 に示す。

これによれば、両区の緊縛強度は大差なくチモンシー永年根群の場合、70~80kg級と

**Table 1** Soil compact strength by perennial roots (Timothy)

years passage	compact strength (kg per tiller)	sample numbers
2 Years sward	79.4 $\pm$ 3.33	75
6 Years sward	72.0 $\pm$ 1.80	100

(mean  $\pm$  S. E.)



**Fig. 1** Forages' root-system at 12-week after sowing.

- 1) main root
- 2) branch roots
- 3) adventitious roots
- 4) root hair

**Table 2** Correlation coefficients relating numbers of perennial tillers and soil compact strength by roots. (Timothy)

2 Years sward	$r=0.639^{***}$ ( $n=75$ )
6 Years sward	$r=0.512^{***}$ ( $n=100$ )

\*\*\* Significant at 0.1% level

判断できる。

一方、4週令程度の幼根においては5kg以下の値が報告されているが<sup>3)</sup>、イネ科牧草の場合、成植物へと生育する過程において根群の土壌緊縛作用が急激に向上し、2年以上経過した永年栽培条件下では完全に土壌を把握するものと推察される。

次に、緊縛強度を各個体の生育状況(分けつ数)との相関で検討するとTable 2に示すごとく、2年草地区・6年草地区とも有意性が認められる。このことは、地上部生育の旺盛な個体が土壌を堅固に把握することを意味している。

さらに、ひき抜かれた供試体を観察すると、ほとんどの根株は15cm前後の厚さで土壌からハク脱していた。これは、前述の主流根群域に相当する。したがって、植物体の固定には主流根群グループが機能しているものと考えられる。

この種の試験は、イネ科牧草によるのり面防護の検討などにも応用されはじめているが<sup>4)</sup>、先にもふれたような牧草根自身の力学的強度などの基礎的項目の解明をふまえた上で、今後さらに検討をすすめるなければならない課題である。

#### 4. イネ科牧草根の粒子把握

ここでは、モデル培地に生育させたイネ科牧草根を供試し、その活性根(white roots)が示す形態や粒子把握力を検討したのち、活性根が分泌する植物粘質液による粒子粘着について考察する。

##### (1) 活性牧草根の粒子把握

###### (i) 試験材料および方法

供試草種：イタリアンライグラス(品種オオバヒカリ)

培地：洗滌済の石英砂を1mmメッシュで均一な粒径にそれえ、ガラス製根箱に充填。根箱寸法は栽培期間に応じて、タテ30×ヨコ30×厚さ0.5および40×30×2.5(cm)の二種類とした。

栽培方法：シャーレ内で発芽させた1週令の幼植物を各根箱に1個体ずつ移植し、根箱全体を春日井培養液にひたした。これをファイトロン内で15℃、55%、人工照明7hr/日(30,000lx)の一定条件下で12週令まで栽培。

試験方法：4・8・12週令の三時期に根箱を解体。地上部の生育調査後、1昼夜風乾。その後、地際部をつかみ静かに培地から植物体を持ち上げる。この時に根系に付着してくる石英砂重を秤量し、これをその個体の粒子把握力と定めた。さらに、付着石英砂を水洗分離し根長・根数・乾物重を調査した。また、根と粒子との識別にはメチレンブルー染色液を使用し、投影器・実体顕微鏡などによって把握形態を観察した。

###### (ii) 試験結果および検討

各時期の形態のなかから12週令についていくつかの結果を示す。Fig. 2は根箱解体時の根系である。Fig. 3は粒子を水洗分離後の全根群である。Fig. 4はある不定根が粒子を把握している状況を示す。

**Table 3** Vegetation of top and root of Italian ryegrass, and weight of catching sand by roots at a 4, 8 and 12-week after sowing.

(mean ± S. E.)

Vegetation	TOP	tillering numbers	1.68 ± 0.27	11.20 ± 1.02	31.77 ± 4.38
		mx. leaf length, cm	17.11 ± 2.01	32.80 ± 3.14	42.80 ± 4.55
ROOT	mean length, cm	6.14 ± 0.91	16.74 ± 1.09	21.84 ± 1.00	
	mx. length, cm	8.98 ± 1.04	30.87 ± 1.69	47.28 ± 1.64	
	total numbers	10.56 ± 1.21	34.80 ± 3.15	113.54 ± 23.42	
	oven-dry weight, mg	6.81 ± 2.24	234.88 ± 46.15	1041.35 ± 184.41	
catching sand	total weight, gr	2.78 ± 0.94	82.16 ± 18.21	258.17 ± 44.18	
	weight per ont root, gr	0.21 ± 0.59	2.18 ± 0.49	2.29 ± 0.36	
sample numbers		16	10	13	
after sowing		4—week	8—week	12—week	

これらの結果は、均一な砂培地に栽培した牧草根による粒子把握であり、実際のホ場においては根圏環境の相違によって必ずしも同様な結果を示すとは限らない。しかしながら、Fig. 4 にみるような個々の根が示した粒子把握の形態については、対象が土壌におきかわっても不規則な形状をもつ粒子ということで類似の形態を示すものと考えられる。

次に、供試草の生育と把握重の経時変化をTable 3 に示す。

分けつ数をはじめ地上部の生育は順調であり、地下部についても総根数は12週令で4週令の10倍以上に達し供試草は正常な生育であると判断できる。これら1個体の根群全体が把握する粒子重は根数増加に比例して増大し、12週令の根群は4週令の100倍もの粒子把握がみられる。ところが、この把握量を1本の根あたりに換算すると、8および12週令における差異はほとんどなくなり、いずれも4週令の10倍程度の把握量であった。

これらのことから、4週令のようないわゆる幼植物段階を除けばイネ科牧草の個々の根が示す把握力には限界があるものと考えられる。

(2) 活性牧草根分泌物による粘着作用

(i) 活性根のペクチン質分泌

1) 試験材料および方法

供試草種：①ガラス根箱に栽培した8週令のイタリアンライグラス。②ホ場から採取したトールフェスク永年根群中の活性根。

試験方法：①については、観察しようとする不定根を中心にルテニウムレッド染色液を滴下し、石英砂培地での根周辺におけるペクチン質分布を検鏡。②については、水洗後にも土粒子が付着している不定根をパラフィン包埋し縦断切片にしてからルテニウムレッド液による呈色状況を検鏡。

2) 試験結果および検討

Fig. 5 は活性根およびその根毛が粒子間を網目状にはいめぐっている様子を示す。

活性根の表皮や根毛は勿論のこと、それらとの接点である粒子界面も赤化呈色を示し根周辺部におけるペクチン質の分布が確認できる。

Fig. 6 は実際のホ場に生育していた活性根の根毛周辺部である。水洗処理後の供試根であるため完全な根毛はみれないが、活性根表皮細胞の突起部(根毛基部)に土粒子が付着している状況は確認できる。しかも、ルテニウムレッド液による呈色が明確であることから、永年牧草根群においてもその中の活性根はペクチン質を分泌していることが明らかである。

(ii) 活性根の粘着強度

1) 試験材料および方法

供試草種および栽培方法は(1)の試験と同様である。但し、試験時期は4・6・8・11週令の四時期とした。所定の生育調査後の各個体を分けつ株ごとにおき、砂上にならべたガラス小片(2×4cm)上に3日間静置した。この間、供試根の乾燥枯死を防ぐためにガラス板は湿潤状態を保った。その後水分張力の影響を除去するために風乾処理し、根に粘着しているガラス板をジョリーパネでひきはがし、その時の抵抗値を粘着力とした。

2) 試験結果および検討

Table 4 に1個体全体の粘着力および不定根1本当りに換算した粘着力を示す。

Table 4 Transition of total root numbers root-adhesion strength at 4, 6, 8 and 11-week growth.

(Mean ± S. D.)

growth week	total root numbers	total adhesion strength (gr)	adhesion strength per one root (gr)
4	12.0 ± 0.7	195.5 ± 10.6	15.9 ± 1.6
6	19.3 ± 0.9	265.8 ± 14.9	13.7 ± 4.4
8	39.7 ± 0.3	760.8 ± 38.0	19.1 ± 3.0
11	139.3 ± 27.0	3958.9 ± 101.8	18.4 ± 1.7

総粘着力は生育とともに指数的に増大するが、1本当りの換算値をみると4週令から11週令まで大きな変化は認められず、各期とも15~20gr/1本の値を得ている。

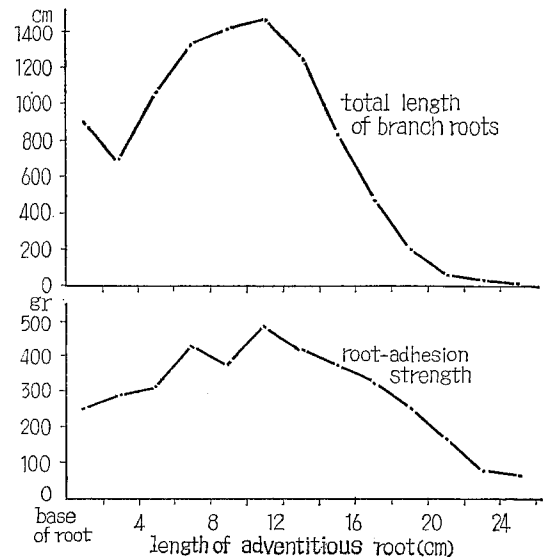


Fig. 7 Distribution of branch roots and adhesion strength at 11-week growth of Italian ryegrass

これは、生育にともなう粘着力の増大は根数の増加がその主たる因子であることを意味する。ところが、草体が成植物の段階になってくると、その根群中には活性の高い根毛を豊富に有する側根もあれば活性のほとんどない老朽根も存在し、両者の生理機能には大きな差異がある。そこで、Fig. 7には粘着力に関与してくる根ということで側根の分布と粘着力とを示す。

同図から、1本の不定根における粘着力の変化は側根の発生と密接な関係があると理解できる。

ここでいうペクチン質なる植物粘質液の化学的性状についてはいまだ検討中ではあるが、少なくとも本試験で考察した粘着力という機能に関してみれば、Table 4の結果が示すように活性根の本数増加によるペクチン質の量的な拡大が生育令にともなう粘着力増大の要因であると推察される。

## 5. おわりに

これまで、BAVER<sup>5)</sup>・RVSELL<sup>6)</sup>・レポート<sup>7)</sup>などによって説明されてきた根の土壌把握作用は、ひと口によって「根のクサビ作用」と称することができる。すなわち、無数の根系が土壌間ゲキ中に貫入してゆくことにより、粒子配列を精密に変化させ土壌を硬化させつつ植物体自身を固定するといった考え方である。

筆者は、これまでの一連の研究によって得られた根群発達にともなう土壌物理性の変化や<sup>8)</sup>、永年根群の有する高い土壌緊縛力などから判断し、概括的にはこれらの説の妥当性を認めるものである。

しかしながら、個々の根がどのようにして土粒子を把握しているのかさらにはその把握作用が根のどのような因子によるものなのか、などの基本的な命題についてはいまだ不詳の点が少なくない。

本報では土壌保全に比較的に有利であるとされているイネ科牧草について、その活性根と粒子との接点を対象として、生育令にともなう粒子把握量の増大を明らかにした。また、ESAU<sup>9)</sup>や田中<sup>10)</sup>などによって指摘されてきた植物根の分泌するペクチン質に着目し、粒子把握の要因として活性根の分泌するペクチン質の粘着機能について考察を加えた。

また別途おこなった試験によれば、この活性根の存在は草地の水分移動にも大きく関与しており、活性根周辺

土壌が比較的乾燥状態におかれる要因にもなっている<sup>11)</sup>。

これらの結果から、牧草根の土壌把握作用を以下のように推察してみた。

土壌中に侵入した初生根は、根の分泌するペクチン質によって周辺土粒子を粘着し草体固定の第1歩をきづく。ついで活性根の根系拡大にともないペクチン質の分泌量も多くなり、粘着作用の影響範囲が拡大する。と同時に、根毛を中心とする活性根群の吸水作用により土壌間ゲキ水が局所的に脱水される。ここにおいて、牧草根群と土壌とは堅固に結びつけられ、草地土壌の物理的な諸特性が顕在化してくる。

牧草根による土壌把握という作用は、土壌の側からみると根を中心とその周辺土壌が粒団化されることである。したがってこの基礎的機序が草地土壌における耐水性団粒の形成さらには土壌侵蝕抑制機能などへ結びつくためには、永年根の活性腐植への分解や土壌微生物などの働きなども含めて、土壌と生物の相互作用としての検討を必要とする課題になる。

## 引用文献

- 1) たとえば HUGHES, H. D. (ed) : Forage, pp. 31~41, Iowa State Univ. (1962)
- 2) 小林裕志・佐々木泰斗 : 日草誌20 (別1) 48~49 (1974)
- 3) 広田秀憲 : 新潟農林25, 209~214 (1973)
- 4) 佐々木晴美 : 芝草研 5, 5~10 (1976)
- 5) BAVER, L. D. : Soil physics, pp. 155~157, John Wiley & Son's Inc. (1956)
- 6) RUSSELL, E. W. : Soil conditions and Plant growth, pp. 520~554, Longman (1973)
- 7) レポート (松田宏訳) : 土壌物理, pp. 29, 畑地農業振興会 (1968)
- 8) 小林裕志・佐々木泰斗 : 日草誌20 (別2) 42~43 (1974)
- 9) ESAU, K. I. : Plant Anatomy, pp. 504~519, John Wiley & Son's Inc. (1974)
- 10) 田中典幸 : 日作紀43, 291~316 (1974)
- 11) 小林裕志 : 農土誌 (投稿中)

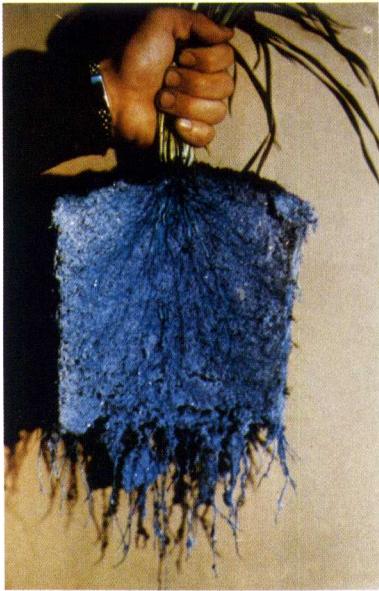


Fig. 2 When this condition, holding sands weight are about 500gr.  
(Italian ryegrass at 12-week growth)



Fig. 3 Grass-roots system after washing.  
(Italian ryegrass at 12-week growth)



Fig. 4 One adventitious root holded many sands.  
(Italian ryegrass at 12-week growth)



Fig. 5 Vital roots and their root hair distributed void of sands,  
just as netted conditions.

Red color formed around roots after treatment with ruthenium-red solution was due to pectic substance which was secreted from vital roots.



Fig. 6 Photomicrograph of root hair which adhereted soil particles.

Dark circular objects are soil particles, and their circumference were coating by pectic substance.