

造園樹木の根系の形態に関する研究
イヌマキ, モクレン, サンゴジュについて

藤井英二郎・安蒜俊比古・浅野二郎
(環境植栽学研究室)

今西良共・斉藤 健・田名網真一
(名古屋市役所・登龍門(株)・千葉県庁)

土屋彰彦
(総合設計事務所(株))

Studies on the Morphology of Root Systems of Landscape Plants
- *Podocarpus macrophyllus* LAMB., *Magnolia liliflora* DESR.,
Vibrunum awabuki K.KOCH -

Eijiro FUJII, Toshihiko ANBIRU, JIRO ASANO
(Laboratory of Planting Design)

Yoshitomo IMANISHI, Ken SAITO, Shinichi TANAMI,
(Nagoya City Office, Toryumon Co. Ltd., Chiba Prefectural Office)

Akihiko TSUCHIYA
(General Planning Office Co. Ltd.)

ABSTRACT

We investigated the root systems of *Podocarpus macrophyllus*, *Magnolia liliflora*, and *Vibrunum awabuki* using a trench method, and discussed the morphological characteristics of their root systems comparing with those of *Cryptomeria japonica*, *Pasania edulis*, and *Robinia pseudoacacia*, reported in our previous paper (ASANO et al., 1984). *P. macrophyllus* has quite large root system like *C. japonica* comparing with the others, and the vertical distribution of roots is relatively homogeneous. Therefore, we can conclude that *P. macrophyllus* is a typical tree of deep root system like *P. edulis*. Generally speaking, the transplanting of a tree of deep root system is difficult, because we must cut off the large amount of the root to make the root ball. But, the transplanting of *P. macrophyllus* is usually successful, because of its quite high density of fine root and its high numeral ratio of fine root/big root. Contrarily, *M. liliflora* is a typical tree of shallow root system like *R. pseudoacacia* from the vertical proportion of the root system for the upper parts of tree and the congested distribution of roots to the upper part of the root system. And, the reasons for the difficulty of the transplanting of *M. liliflora* inspite of the advantage of shallow root system would be the low numeral ratio of fine root/big root and also the poor growth of fine roots from the big roots. *V. awabuki* is an intermediate type of root system between the shallow and the deep types, and the roots are more congested close to the trunk. *C. japonica* also belongs to this type despite of its large root system, because of the same reason as *V. awabuki*. The both species are transplanted with greater success, because of their relatively congested distribution of roots close to their trunks and of their high numeral ratios of fine root/big root.

1. 研究の課題

前報(浅野ら, 1984)と同じく, 造園植栽の施工や管理のうえで重要な基本のひとつでありながら, 地中にあるために研究が著しく遅れている根系の形態について, 基礎的な知見を得ることが目的である。前報では, 多くの造園樹木の中から特にスギ, マテバシイ, ニセアカシアの高木3種をとりあげて, それらの根系の形態を比較したが, 今回はイヌマキ *Podocarpus macrophyllus* LAMB., モクレン *Magnolia liliflora* DESR., サンゴジュ *Viburnum awabuki* K. KOCH の3種について報告する。モクレンとサンゴジュはそれぞれ落葉広葉樹, 常緑広葉樹の中木であり, イヌマキは高木ではあるが, 前報のスギに比べると樹高の低い針葉樹である。また, モクレンは移植の難しい代表的樹種であるのに対して, サンゴジュやイヌマキは容易である。さらに, イヌマキ, サンゴジュ, モクレンがそれぞれ, 深根性, 浅根性, その中間(苧住, 1979)というように, 根系の垂直分布が異なっているとされていることも, これらを比較対象とした理由のひとつである。

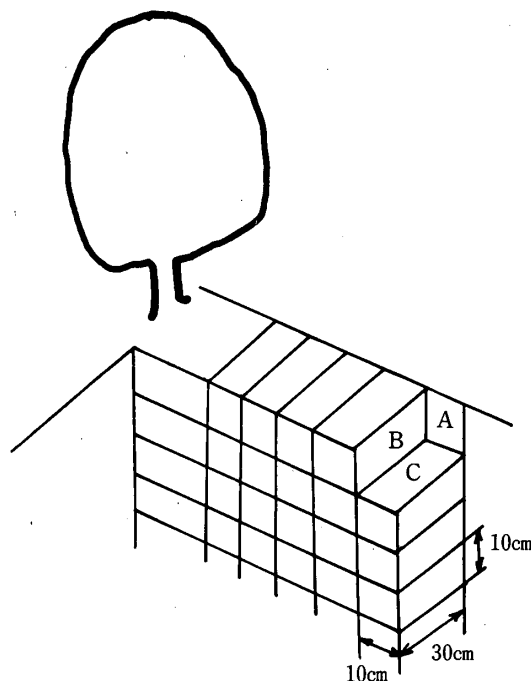


図1 トレンチと調査断面

2. 方法

根系の調査方法は, 前報(浅野ら, 1984)と同様に, 調査木を枯らすことなく継続的に調査できるトレンチ法を使った。この際, トレンチの方向は根系の形態を調査する上で重要な項目ではあるが, 前報の結果からもわかるように根系の比較的マクロな形態把握にはそれほど大きくは影響しないようである。したがって, 今回もトレンチの方向を記録するに留めた。

人が入って調査できる大きさのトレンチを掘った後, 図1のような10×30×10cmのブロックごとに土壌を丁寧に崩しながら, A, B, C各断面に現われた細根, 太根(苧住(1957)に従って直径2mm以上の根を太根, 2mm未満を細根とした)の本数と, 太根の直径をノギスで測定し, 垂直, 水平方向ともに根が現われなくなるまで続けた。ここでA, B, C断面に区分して調査するのは, 根の方向性を把むため, B断面は根元から緩やかに下向した放射状の根を, A断面はそれから直角方向に水平的に伸びた根を, C断面は垂下根を, それぞれより多く把握することができる。また, 苧住(1957)は上記のブロックの大きさを10×10×10cmとしたが, ここでは前報と同様, データの信頼性を高めるためにブロックの巾を30cmとしている。したがって, 解析に当ってはB, C断面の値は1/3にしてA断面と比較している。

調査木は3種とも園芸学部の圃場に植栽されているもので, 各々3本ずつである。それらの地上部の形状は表

イヌマキ		モクレン			サンゴジュ								
I	II, III	I	II	III	I	II, III							
11.0 17.8	0.0 0.0	11.5 18.4	0.0 0.0	14.6 20.4	14.8 19.1	0.0 0.0	13.3 20.0	0.0 0.2	13.5 19.0	0.0 0.4	13.0 22.2	0.0 1.7	0.3 1.8
1.6 1.6	1.3 1.1	0.0 1.0	0.0 1.2	1.2 1.4	1.4 1.0	1.4 1.5	1.4 1.5	1.4 1.5	1.4 1.5	1.4 1.5	1.4 1.5	1.4 1.5	1.4 1.5
19.0 29.0	2.0 2.0	19.0 29.5	2.0 2.0	19.0 26.4	19.0 26.4	2.0 2.0	20.0 26.5	2.0 2.0	18.0 23.5	2.0 2.0	19.0 25.0	2.0 2.0	2.0 2.0
以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上

図2 調査木ごとの土壌の硬度, 通気度, 透湿度

注) 各欄の左側が土壌硬度(mm), 中央が通気度(kg/cm²), 右側が透湿度(kg/cm²). 斜線部以下には根は分布していない。

表1 調査木の地上部データとトレンチ方向

		樹高	樹冠巾	根元径	胸高直径	植栽後の年数	トレンチの方向
		(a) cm	(b) cm	cm	cm		
イヌマキ	I	350	160	12.0	11.8	18	南西
	II	300	120	7.3	7.3	〃	〃
	III	250	150	9.0	8.6	〃	〃
モクレン	I	370	250	12.0	10.2	23	北東
	II	420	360	9.6	8.9	〃	〃
	III	480	380	10.5	9.6	〃	〃
サンゴジュ	I	280	140	株立	-	8	北東
	II	325	160	〃	-	〃	〃
	III	260	140	〃	-	〃	南西

その列に対して直角方向にとった。また、モクレンは約2.5m間隔で植栽されているものである。いずれの個体も上木はなく、日当りは良好である。また、いずれの個体も植栽後剪定はされていない。

調査木ごとに土壌断面で測定した土壌の硬度、通気性、透水性は図2の通りである。土壌硬度は山中式土壌硬度計、通気性、透水性は山中式土壌透水通気測定器を使った。なお、園芸学部の土壌は関東ロームである。

調査時期は、イヌマキ：1980年12月16日～1981年1月15日、モクレン：1979年10月16日～19日、サンゴジュ：1980年11月11日～1981年1月8日である。

3. 結果及び考察

1の通りである。イヌマキ3本とサンゴジュ3本はいずれも約1.5m間隔に列状に植栽されたもので、トレンチは

1) 根系と地上部との形態的關係

根系の水平、垂直方向の広がり と 地上部の樹高、樹冠

表2 根系の広がり と 地上部との関係

		根系の垂直的の広がり		根系の水平的の広がり		樹高/根系の垂直的の広がり		樹高/根系の水平的の広がり		樹冠巾/根系の水平的の広がり		根系の垂直的の広がり/根系の水平的の広がり	
		細根(c)	太根(d)	細根(e)	太根(f)	細根：%	太根：%	細根：%	太根：%	細根：%	太根：%	細根：%	太根：%
		cm	cm	cm	cm								
イヌマキ	I	200	150	210	120	1.75	2.33	1.67	2.92	0.76	1.33	0.95	1.25
	II	190	150	190	140	1.58	2.00	1.58	2.14	0.63	0.86	1.00	1.07
	III	200	150	200	140	1.25	1.67	1.25	1.79	0.75	1.07	1.00	1.07
モクレン	I	120	100	240	260	3.08	3.70	1.54	1.42	1.04	0.96	0.50	0.38
	II	90	130	210	200	4.67	3.23	2.00	2.10	1.71	1.80	0.43	0.65
	III	100	100	220	200	4.80	4.80	2.18	2.40	1.73	1.90	0.45	0.50
サンゴジュ	I	100	80	150	100	2.80	3.50	1.87	2.80	0.93	1.40	0.67	0.80
	II	100	80	220	180	3.25	4.06	1.48	1.81	0.73	0.89	0.45	0.44
	III	100	80	140	100	2.60	3.25	1.86	2.60	1.00	1.40	0.71	0.80

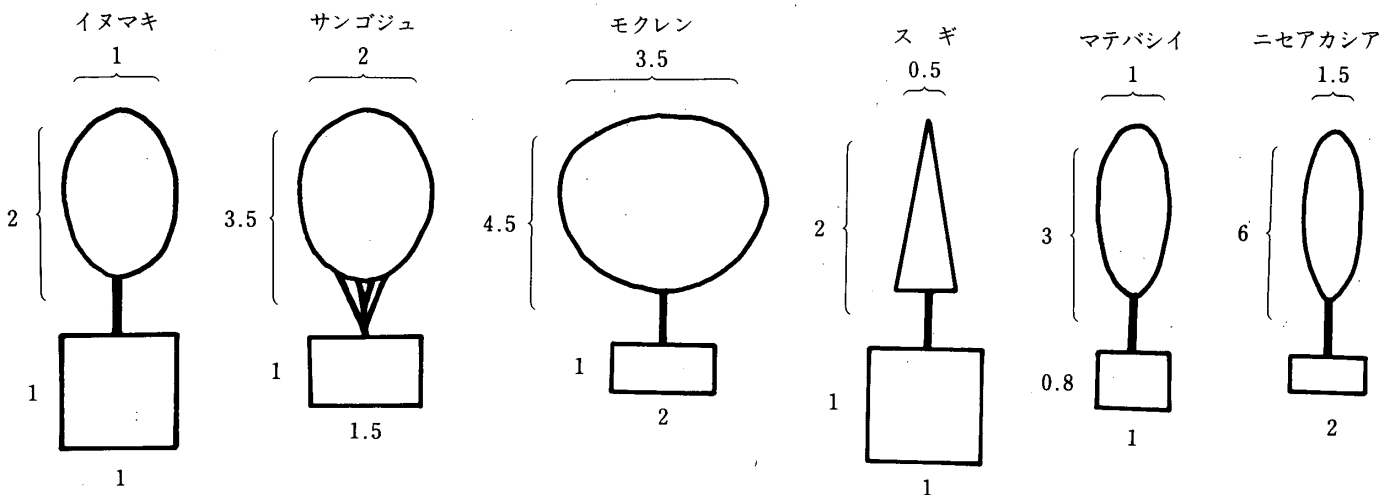


図3 イヌマキ、サンゴジュ、モクレンと、前報のスギ、マテバシイ、ニセアカシアの根系と地上部の割合を示す模式図。

注) 6樹種の樹高を同じ大きさで表わし、数値は樹種ごとに部分の比を示す。

表3 細根・大根の割合, 太根の直径, 根密度

	細根数 (g)	太根数 (h)	太根の直径mm		総根数 (g+h)	細根数(g) /太根数(h)	細根率% g/(g+h)	太根率% h/(g+h)	A,B,C/(A+B+C)%		垂直分布の平均根密度		水平分布の平均根密度	
			合計(i)	平均直径(d)					細根	太根	細根: g/(c×0.1)	太根: h/(d×0.1)	細根: g/(e×0.1)	太根: h/(f×0.1)
イヌマキ I-A	755	15	81.1	5.41	770	50.3	98.1	1.9	39.8	26.6				
	629.3	17.0	56.0	3.30	646.3	37.0	97.4	2.6	33.1	30.2				
	514.7	24.3	146.5	6.02	539.0	21.2	95.5	4.5	27.1	43.2				
	1899.0	56.3	283.6	5.04	1955.3	33.7	97.1	2.9	100.0	100.0	94.95	3.75	90.43	4.69
イヌマキ II-A	793	21	262	12.48	814	37.8	97.4	2.6	41.4	29.5				
	607.3	26.0	90.7	3.49	633.3	23.4	95.9	4.1	31.8	36.5				
	512.3	24.3	169.7	6.98	536.7	21.1	95.5	4.5	26.8	34.0				
	1912.6	71.3	522.4	7.33	1984.0	26.8	96.4	3.6	100.0	100.0	100.66	4.75	100.66	5.09
イヌマキ III-A	874	17	97.1	5.71	891	51.4	98.1	1.9	40.5	52.0				
	706.7	8.0	30.7	3.83	714.7	88.3	98.9	1.1	32.8	24.5				
	576.0	7.7	23.7	3.10	583.7	75.1	98.7	1.3	26.7	23.5				
	2156.7	32.7	151.5	4.63	2189.4	66.0	98.5	1.5	100.0	100.0	107.84	2.18	107.84	2.34
モクレン I-A	631	46	216.0	4.70	677	13.72	93.2	6.8	66.3	29.8				
	163.3	63.9	332.6	5.21	227.2	2.56	71.9	28.1	17.1	41.4				
	158.2	44.5	163.4	3.67	202.7	3.56	78.0	22.0	16.6	28.8				
	952.5	154.4	712.0	4.61	1106.9	6.17	86.1	13.9	100.0	100.0	79.38	15.44	39.69	5.94
モクレン II-A	258	23	98.6	4.29	281	11.22	91.8	8.2	55.9	42.8				
	125.2	20.9	136.7	6.54	146.1	5.99	85.7	14.3	27.1	38.9				
	78.6	9.8	96.5	9.85	88.4	8.02	88.9	11.1	17.0	18.3				
	461.8	53.7	331.8	6.18	515.5	8.60	89.6	10.4	100.0	100.0	51.31	4.13	21.99	2.69
モクレン III-A	250	35	126.4	3.61	285	7.14	87.7	12.3	54.2	41.3				
	124.3	32.8	174.3	5.32	157.1	3.79	79.1	20.9	26.9	38.7				
	87.0	16.9	107.7	6.37	103.9	5.15	83.7	16.3	18.9	20.0				
	461.3	84.7	408.4	4.82	546.0	5.45	84.5	15.5	100.0	100.0	46.13	8.47	20.97	4.24
サングジュ I-A	342	27	134.3	4.97	369	12.67	92.7	7.3	36.2	41.9				
	297.4	20.8	70.6	3.39	318.2	14.30	93.5	6.5	31.5	32.2				
	305.0	16.7	67.7	4.05	321.7	18.26	94.8	5.2	32.3	25.9				
	944.4	64.5	272.6	4.23	1008.9	14.64	93.6	6.4	100.0	100.0	94.44	8.1	62.96	6.45
サングジュ II-A	539	40	159.6	3.99	579	13.48	93.1	6.9	40.9	45.9				
	400.0	27.5	123.5	4.49	428.4	14.58	93.6	6.4	30.5	31.6				
	376.2	19.6	95.2	4.86	395.8	19.19	95.0	5.0	28.6	22.5				
	1316.1	87.1	378.3	4.34	1403.2	15.11	93.8	6.2	100.0	100.0	131.61	10.89	59.82	4.80
サングジュ III-A	371	31	141.6	4.57	402	11.97	92.3	7.7	42.1	32.9				
	286.7	38.9	201.8	5.19	325.6	7.37	88.1	11.9	32.5	41.3				
	223.9	24.3	91.1	3.75	248.2	9.21	90.2	9.8	25.4	25.8				
	881.6	94.2	434.5	4.61	975.8	9.36	90.3	9.7	100.0	100.0	88.16	11.78	62.97	9.42

注) 垂直, 水平分布の平均根密度は10×10×10cm当りの根数。 c, dは表2の値

巾との関係を次のような比を求めて検討した。樹高／(根系の垂直的広がり)は、表2のように同一樹種内では類似した値を示し、樹種間でははっきりとした差がみられる。すなわち、その値はイヌマキで最も低く、サンゴジュ、モクレンの順で高くなる。ここでイヌマキの値は前報(浅野ら, 1984)のスギとほぼ同じであり、イヌマキはスギと同じく、樹高との相対的關係において極めて深くまで根系が伸びていることがわかる。一方、最も高い値を示すモクレンは、前報で浅根性の典型としたニセアカシア(細根：5.20, 5.56, 太根：5.78, 10.00)ほどではないが、浅い根系をもつ樹種と言えるであろう。

また、樹冠巾／(根系の水平的広がり)においても、上述の樹高／(根系の垂直的広がり)と同様、イヌマキで最も低く、サンゴジュ、モクレンの順に高くなる傾向がある。しかし、イヌマキの値も前報のスギ(細根：0.35~0.40, 太根：0.40~0.58)ほど低くはない。

以上の2つの比の検討によって、地上部に対する根系の相対的な大きさは、イヌマキで最も大きく、サンゴジュ、モクレンの順に小さくなっていることがわかる。このような形態的關係を、さらに根系の(垂直的広がり)／(水平的広がり)などの値(表2)をも考え合わせながら模式化すると、図3のようになる。既に述べたように針葉樹で高木、という同じ生活型をもったイヌマキとスギがほぼ同じ大きさの、また極めて大きな根系をもっていることがわかる。次に広葉樹4種間で比較すると、図3のように樹高に対する相対的な大きさで見ると、高木であるマテバシイ、ニセアカシアに比べて、中木2種、とくにサンゴジュの方が大きな根系をもっていることがわかる。この關係を、地上部を根系が力学的に支えるという観点から考える限り、サンゴジュは余裕のある根系の大きさであり、それに対して高木2種は効率的な根系ということが出来る。しかし、これについてはさらに樹冠密度や地上部重等の要因も含めて改めて考察する必要がある。

地上部を力学的に支持する根系の機能に深く関係する根密度についても検討してみると(表3)、垂直、水平分布の10×10×10cm当りの細根と太根それぞれの平均本数である根密度では、イヌマキとサンゴジュの細根密度が垂直、水平分布ともにモクレンに比べて高いことがわかる。これを前報の3種と比較すると、スギ(垂直分布：28~36, 水平分布：30~38), マテバシイ(同27~70, 19~58), ニセアカシア(同57~81, 30~49)であるから、スギやマテバシイで低く、イヌマキとサンゴジュで著しく高いことがわかる。さらに、サンゴジュでは太根密度も高い傾向があり、前述の大きな根系とも考え合わせると、地上部を極めて安定した形で支える根系であ

ることがわかる。同様に、イヌマキもスギと同様に大きな根系をもちながら、スギに比べて3倍近い細根密度を持っている点でサンゴジュと同様のことが言える。これらに対して、モクレンでは既に述べたようにイヌマキやサンゴジュに比べて小さい根系である上に、細根密度も低いことから地上部を支持する点でやや不安定ということができよう。

2) 細根・太根の割合、張り方及び分布

太根1本に対する細根数を細根数／太根数として計算上求めると、イヌマキは各断面の平均値で27~66本と極めて多く、サンゴジュは9~15本、モクレンは6~9本で、モクレンが最も少ない(表3)。前報の3種(スギ：8~19本, ニセアカシア：7~13本, マテバシイ：4~6

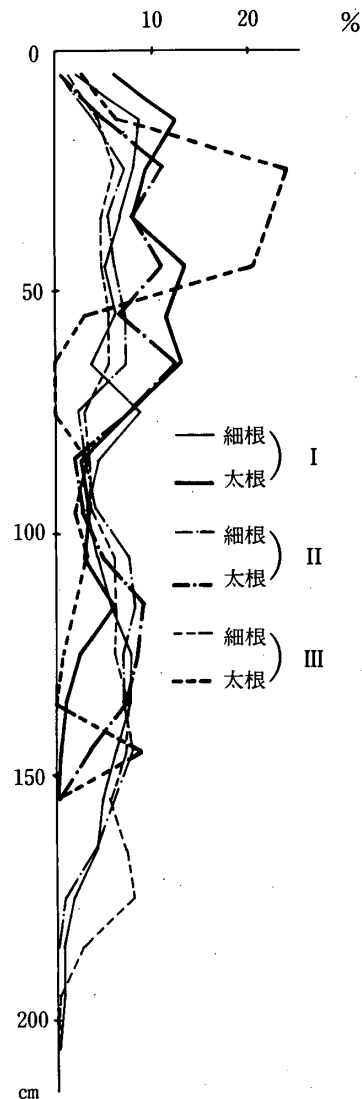


図4 イヌマキの根系の垂直分布

本)と比較すると、イヌマキの値が際立って高いことが
 なお一層はつきりする。モクレンはマテバシイとともに
 ここに挙げた6種の中では最も少ない樹類であり、とも
 に移植が難しく、値の大きいその他の樹種が一般的に移
 植が容易であることから、細根数/太根数の値が移植の
 難易を評価するひとつの指標となりうるものと考えられ
 る。なお、群を抜いて高い値を示したイヌマキでは地上
 部に対する根系の相対的な大きさも著しく大きく、さら
 に細根密度も高いことから、細根1本のもつ養水分吸収
 力が他に比べて低いことが予想される。この点の検討は

後日の課題としたい。

次に、根の張り方をみるために太根、細根数のA、B、
 C断面間の割合をみると(表3)、細根は3種ともA断面
 に多いが、特にモクレンでは54~66%の細根がA断面に
 集中している。また、前報において、マテバシイやニセ
 アカシアに比べてスギではC断面の値がより高く
 (28~31%)、スギの細根が多様な方向に伸びているとし
 たが、これと同様にイヌマキ(3個体とも27%)もサン
 ゴジュ(25~32%)も比較的高く、これら2種も細根の伸
 長方向がより多様であると言えよう。

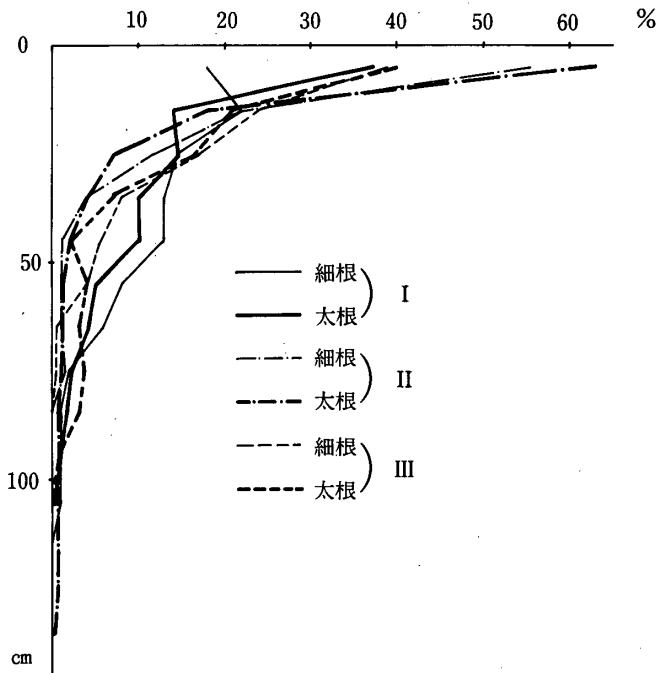


図5 モクレンの根系の垂直分布

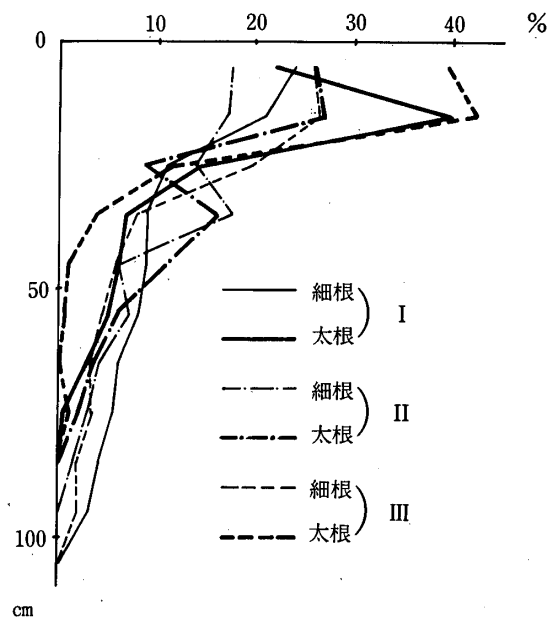


図6 サンゴジュの根系の垂直分布

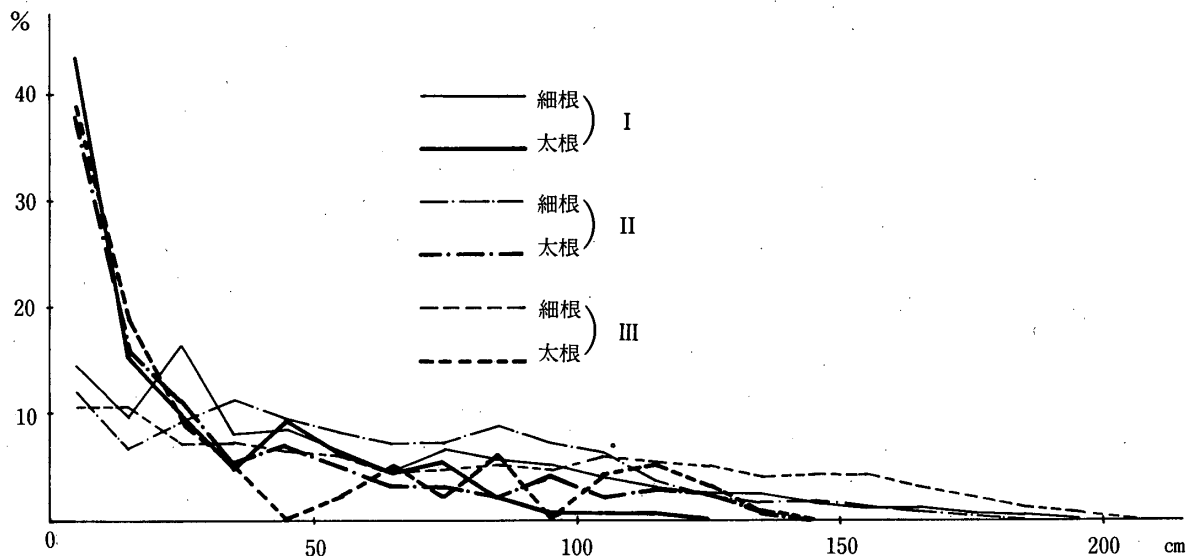


図7 イヌマキの根系の水平分布

一方、太根はモクレンとサンゴジュではA、B断面に多く、垂下根よりも斜出根やそれから直角方向に分岐した水平根が多いことを示している。これに対して、イヌマキでは個体差が大きく一定した傾向はみられない。

細根、太根の垂直分布を、10cmごとの根数を全根数で割った形で表わし、分布形態を樹種間で比較してみたい(図4~6)。モクレンとサンゴジュでは浅い所に太根、細根ともに集中しているのに対して、イヌマキでは太根、

細根が浅い所から深い所までほぼ一様に分散していることがわかる。

次に太根と細根の分布を比べてみると、イヌマキとサンゴジュでは最深部において太根よりさらに深くまでかなりの細根が分布しているのに対して、モクレンでは逆に細根より太根の方が深くまで達している。根の伸長、肥大の順序を考えるならば、モクレンは最深部における細根の伸長が極めて悪いことがわかる。モクレンほど顕

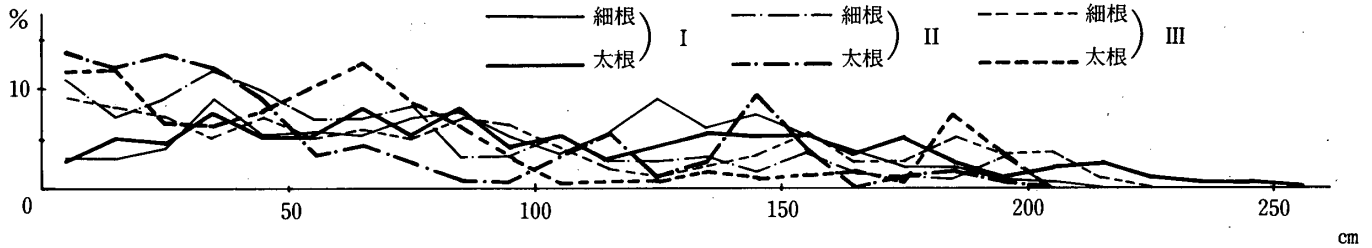


図8 モクレンの根系の水平分布

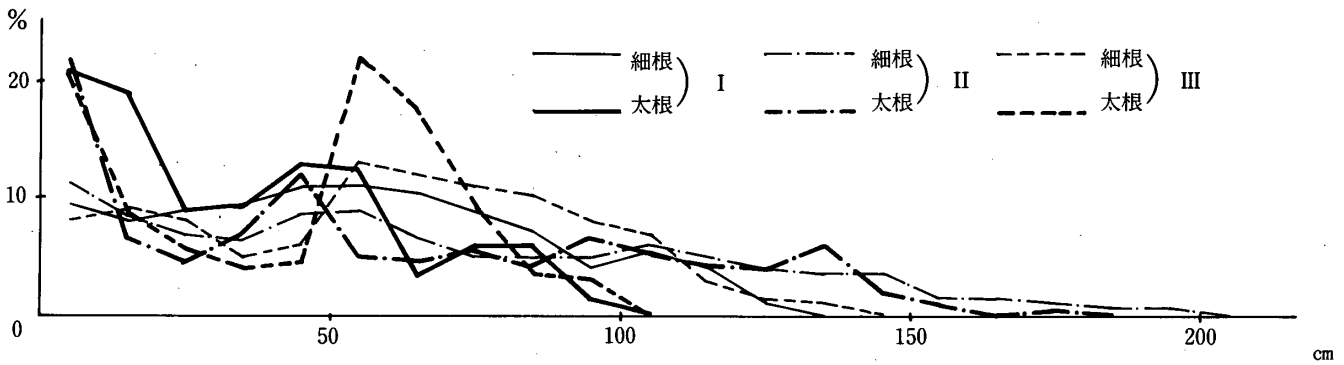


図9 サンゴジュの根系の水平分布

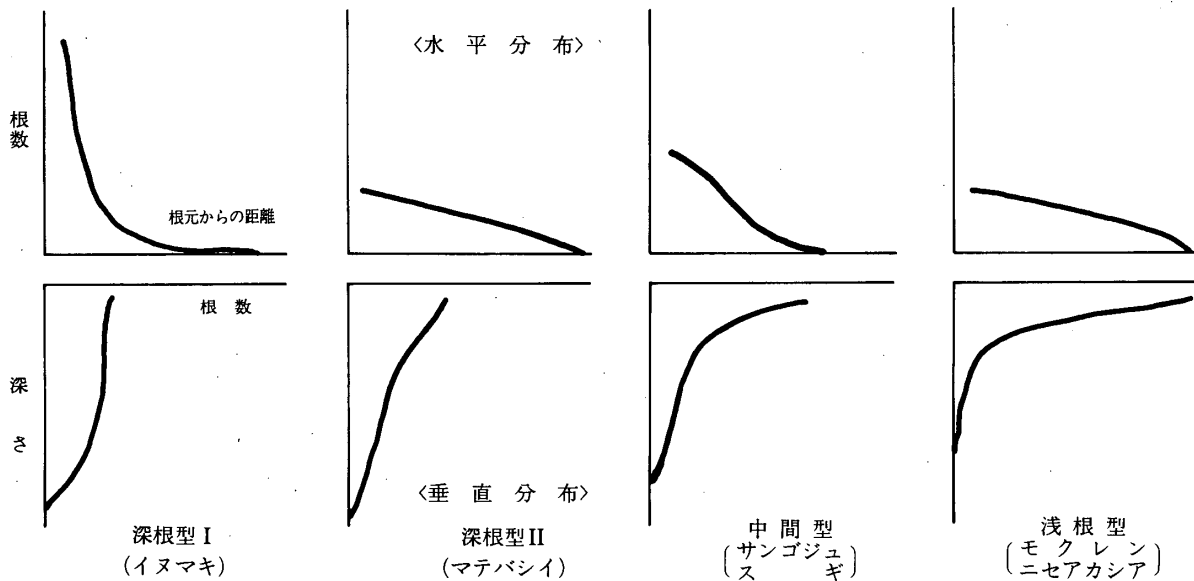


図10 根系の形態に関するいくつかの模式的類型

注) 水平分布は太根のみの分布形態を示す。

著ではないが、根系の最深部にまで太根が分布する傾向は前報のマテバシイでもみられた。

上記の垂直分布と同様の方法で3樹種の細根、太根の水平分布を図化すると、図7~9の通りである。イヌマキでは細根は他の2種と同じように広く分散して分布しているが、太根は根元部にかたまっていることがわかる。この集中した太根は図4の垂直分布を考え合わせると、根元近くからほぼ真下に伸びた垂下根と思われる。

これに対して、サンゴジュでは太根が根元近くにやや集中する傾向がみられ、モクレンではその傾向がみられず、細根、太根ともに広く分散して分布している。したがって、モクレンは、図5をも合わせて考えれば、太根も細根も浅い所に広く分布する根系であり、かつ、既述のようにその根系も樹高の割に浅いものであることから、前報のニセアカシア同様、典型的な浅根性樹種と考えられる。

根元から最も遠い先端部における細根と太根の分布を比較すると、イヌマキとサンゴジュでは太根より先にもかなりの細根が分布しているのに比べて、モクレンでは細根とともに太根も最先端まで分布する個体もあれば、太根の方が遠くまで分布している個体もある。この分布特性は前述の垂直分布でみられたものとほぼ同じであり、モクレンにおける太根からの細根の伸長の悪さは最深部に限らず、根系全体にわたって言えるようである。同様のことは、前報のマテバシイでも言えることで、これら2種の移植の難しさにつながるものであろう。このような細根の伸長の悪さは、表3に示した細根数/太根数の値の低さにも通じるものであろう。

調査個体数が少ないので仮説の域を出るものではないが、ここで前報の3樹種の結果をも含めて、根系の垂直、水平分布をいくつかの類型に模式化してみた(図10)。但し、ここに示した水平分布の模式は太根に着目したものである。細根の分布は、ここでとりあげた6種ともほぼ深根型IIや浅根型に示した水平分布と同じであった。なお、垂直分布については太根も細根もほぼ同様の分布を示したので、図は根系全体の模式と考えてよい。

深根型Iは根元付近に垂下根が集中するもので、イヌマキがこれに該当する。深根型IIは、水平分布では分散し、垂直分布では深根型Iほど分散せず、浅い所にやや多くなったものであり、垂下根が全体に広く分布した根系である。前報のマテバシイがこれに相当する。深根性樹種では、移植時の根鉢から切り落とされる根量が多くなり、一般に移植が難しいが、マテバシイとは異なりイヌマキが容易である理由には、細根密度と細根数/太根数の値が著しく高いことが挙げられる。

中間型は、水平、垂直分布ともに根元や浅い所にやや

集中する形で、サンゴジュやスギがこれに相当する。中間型は、移植時の根鉢により多くの根が含まれることから、ここでとりあげた2種のように移植の容易な樹種が多いものと考えられる。なお、スギは既に述べたように樹高の割に深くまで達した根系ではあるが、根量の分布をみると上記の深根型I、IIとは異なり、浅い所にかなりの根が分布することから中間型とした。最後に、浅根型は根が浅い所に広く分散して分布するもので、モクレンとニセアカシアがこれに該当する。浅根性樹種は、一般に深根性樹種よりは移植が容易といわれるが、ニセアカシアと違ってモクレンで移植が困難な理由としては、マテバシイと同じように細根数/太根数の値が低く、しかも細根の伸長が悪いことが考えられる。

4. 摘 要

トレンチ法によって、イヌマキ、モクレン、サンゴジュの根系を調査し、前報(浅野ら、1984)のスギ、マテバシイ、ニセアカシアをも含めて比較、考察した。

イヌマキは地上部の割に極めて大きな根系をもち、かつ細根密度も極めて高く、地上部を力学的に安定的に支えうる根系であり、しかも根の垂直分布が深部まで一様であることから、深根性樹種と考えた。このイヌマキが同じく深根性のマテバシイと違って移植が容易な理由は、細根密度の高さに加えて、太根1本当りの細根数が著しく多いことが挙げられる。

これに対して、モクレンは樹高の割に浅い根系であり、かつその根域の上部に根が集中していることから、ニセアカシアと同じく浅根性樹種と考えられる。ニセアカシアと違ってモクレンの移植が困難な理由には、マテバシイと同様に太根1本当りの細根数が少ないことと細根の伸長の悪さが考えられる。

サンゴジュは、スギと同じく地上部の割に根系が大きい、垂直的にも水平的にも根の分布が根元近くにやや集中することから、深根でも浅根でもなく、その中間型と考えた。従って、移植時には根鉢に含まれる根量も多く、さらに2種ともに太根1本当りの細根数が多いことから、移植が容易になるものと考えられる。

引用文献

- 1) 浅野二郎・安藤俊比古・藤井英二郎・井谷和明・今井修・田川一郎(1984): 造園樹木の根系の形態に関する研究—スギ、マテバシイ、ニセアカシアについて、千葉大園学報34, 69~75
- 2) 荻住 昇(1957): 樹木の根の形態と分布, 林試研報94, 1~205
- 3) 荻住 昇(1979): 樹木根系図説, 誠文堂新光社, 1121 pp.