

# 中国遼寧省西部半乾燥地における主要樹種の根系特徴

王賀新\*・劉琪環\*\*・鄭希偉\*\*\*・閔慶偉\*・奥住侑司\*

\* 信州大学農学部森林科学科

\*\* 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

\*\*\* 北京農林科学研究院

## 要 約

中国遼寧省阜新県における木本植物15種を対象にして、掘り取り調査により根系の分布特徴および現存量を調査した。その結果、乾燥環境において耐乾性がある樹木の根系はさまざまな形で発達していることが分かった。樟子松、油松、赤松、モンゴリナラ、チョウセントネリコおよびコツギグリアは主根が深く伸長し、側根も発達し、細根が多いことから、深根型耐乾樹種といえる。コノテガシワ、オオミノニレおよびマンシュウイタヤは主根が浅いが、側根が広範に発達し、細根の量が多いから、浅根型耐乾樹種といえる。カラマツとニセアカシアの根系は浅い土層に分布し、根の量も少ないから、耐乾性の弱い樹種と思われる。灌木の沙棘、クロバナエンジュ、ヤマハギおよびコバノムレスズメは根系の量が多く、特に細根の量が多いことから、水分と養分の吸収能力が高い耐乾樹種といえる。

キーワード：中国遼寧省、半乾燥地、主要樹種、根系特徴

## I. はじめに

遼寧省西部半乾燥地では、過去に油松 (*Pinus tabulaeformis*) が主となる針広混交林が広がっていた。しかし、過度な乱伐や不合理的な農耕や放牧により森林は破壊され、現在では天然林がほとんど残っていない。1960年代から、大面積的に造成された油松の純林では森林生産力の衰退や種構成単一などによる病虫の被害から、森林の安定性が疑問視され、針広混交林への転換が目ざされつつある<sup>1)</sup>。混交林への転換には、樹種間の競争関係を考慮し、根系の分布及び特徴を明らかにする必要がある。また、樹木根系の特徴の解明は造林の適地や砂防にも極めて意義があると思われる。そこで、本研究は中国遼寧省西部阜新県における15種類の樹種を対象にして、根系の分布様式及び現存量などを調べた。

## II. 調査地の概況と調査方法

### 1. 調査地

調査地は中国遼寧省阜新県王府鎮羊圈子林場南山、周家店林場後山および旧廟林場孫家後山である。調査地域の年間平均気温は7.1~8.2°C、年間平均降水量は400~600mm程度である。降水量の多い年は700mm以上に達することがあるが、少ない年では200mm程度である。年間蒸発量は1,900mm程度で、降水量の4倍に近い。無霜期間は145~158日で、空気相対

湿度は53~55%、年間日射率は70%程度である。長い乾燥時期と春の強風はこの地域の気候特徴である。植生は乾生型の森林または、灌木および草本植物からなる。調査地の土壌は乾性の肉桂色土類 (*cinnamon soil*)<sup>2)</sup>で、土層 (A層+B層) の深さは20~60cm、石礫量が多く、塊状構造も見られる。

### 2. 調査林分と樹種

調査林分はほぼ純林で、混交林の場合は群状または10m幅の列状で混交している。これらの調査樹種は表-1に示している。

### 3. 調査方法

純林に20m×20m、混交林に15m×9mのプロットを設置した。毎木調査により標準木を選定してから伐倒し、地上部は層別刈り取り法<sup>3)</sup>により現存量を測定した。その後、地下部の根系を全部掘り取る同時に、根系の水平分布図と垂直分布図を作成した。また、20cm毎に層別刈り取り法により、中・大径根 (>0.5cm)、小径根 (0.5~0.2cm) および細根 (<0.2cm) に区分し<sup>4)</sup>、現存量を測定した。

## III. 結果と考察

### 1. 根系の分布

乾燥地、半乾燥地の環境において根系の分布様式と形態は乾燥環境に適応し、さまざまな特徴を呈している。一般に耐乾樹種は根系の分布範囲が広く、主根が深い。また、側根が発達して根量も多いこと

表-1 供試樹種の概況

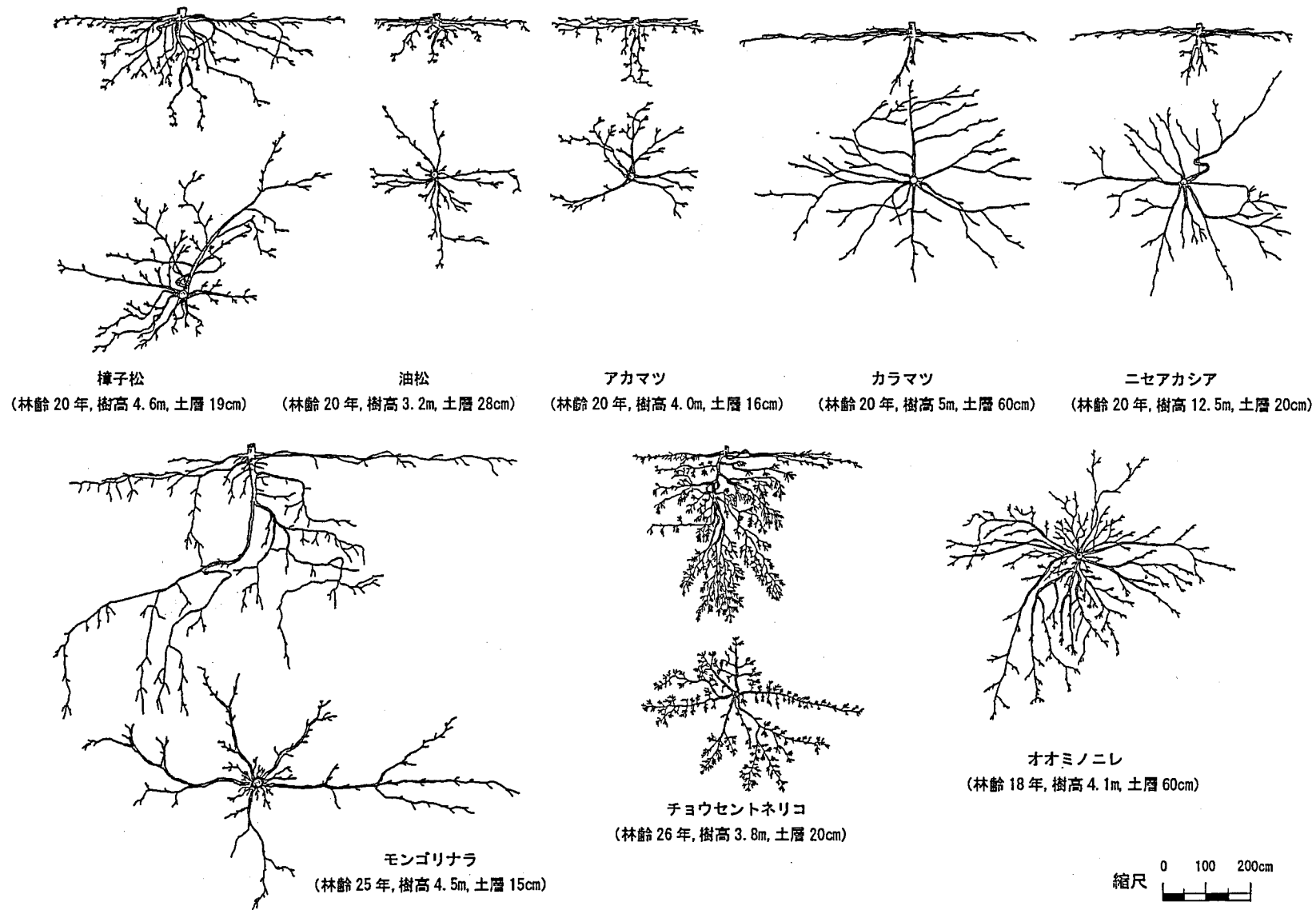
樹種の和名(中国名), 学名	調査場所	林齢 (年)	樹高 (m)	土壌	土層の厚さ (cm)(A+B)
モウゴアカマツ(樟子松), <i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>mongolica</i>	周家店林場	23	4.9	礫質性肉桂色土	38
〃 〃	大板林場	20	4.6	溶脱性肉桂色土	19
〃 〃	旧廟林場	18	4.5	肉桂色土	50
マンシュウクロマツ(油松), <i>Pinus tabulaeformis</i>	周家店林場	23	3.7	礫質性肉桂色土	39
〃 〃	大板林場	20	3.2	溶脱性肉桂色土	28
〃 〃	旧廟林場	18	3.7	肉桂色土	60
アカマツ(赤松), <i>Pinus densiflora</i>	大板林場	20	4.0	溶脱性肉桂色土	16
コノテガシワ(側柏), <i>Platycladus orientalis</i>	周家店林場	31	2.5	礫質肉桂色土	50
カラマツ(日本落葉松), <i>Larix leptolepis</i>	周家店林場	20	5.0	溶脱性肉桂色土	60
モンゴリナラ(蒙古櫟), <i>Quercus mongolica</i>	周家店林場	25	4.5	礫質肉桂色土	15
〃 〃	王府鎮羊圈子林場	6	1.0	溶脱性肉桂色土	45
マンシュウイタヤ(元宝槭), <i>Acer truncatum</i>	王府鎮羊圈子林場	6	2.8	溶脱性肉桂色土	60
チョウセントネリコ(花曲柳), <i>Fraxinus rhynchophylla</i>	周家店林場	26	3.8	溶脱性肉桂色土	20
オオミノニレ(黄榆), <i>Ulmus macrocarpa</i>	周家店林場	18	4.1	溶脱性肉桂色土	60
ニセアカシア(刺楸), <i>Robinia pseudoacacia</i>	王府鎮羊圈子林場	20	12.5	溶脱性肉桂色土	20
〃 〃	王府鎮羊圈子林場	6	4.2	溶脱性肉桂色土	50
コツギグリア(毛黄蘗), <i>Continu coggygia</i> var. <i>pulescens</i>	王府鎮羊圈子林場	6	2.3	溶脱性肉桂色土	40
沙棘(沙棘), <i>Hippophae rhamnoides</i>	王府鎮羊圈子林場	6	1.4	溶脱性肉桂色土	38
クロバナエンジュ(紫穗槐), <i>Amorpha fruticosa</i>	王府鎮羊圈子林場	6	1.1	溶脱性肉桂色土	60
コバノムレスズメ(小葉錦鶏兒), <i>Caragana microphylla</i>	王府鎮羊圈子林場	6	1.4	溶脱性肉桂色土	35
ヤマハギ(胡枝子), <i>Lespedeza bicolor</i>	王府鎮羊圈子林場	6	1.6	溶脱性肉桂色土	35

が知られている<sup>1)5)6)7)</sup>。

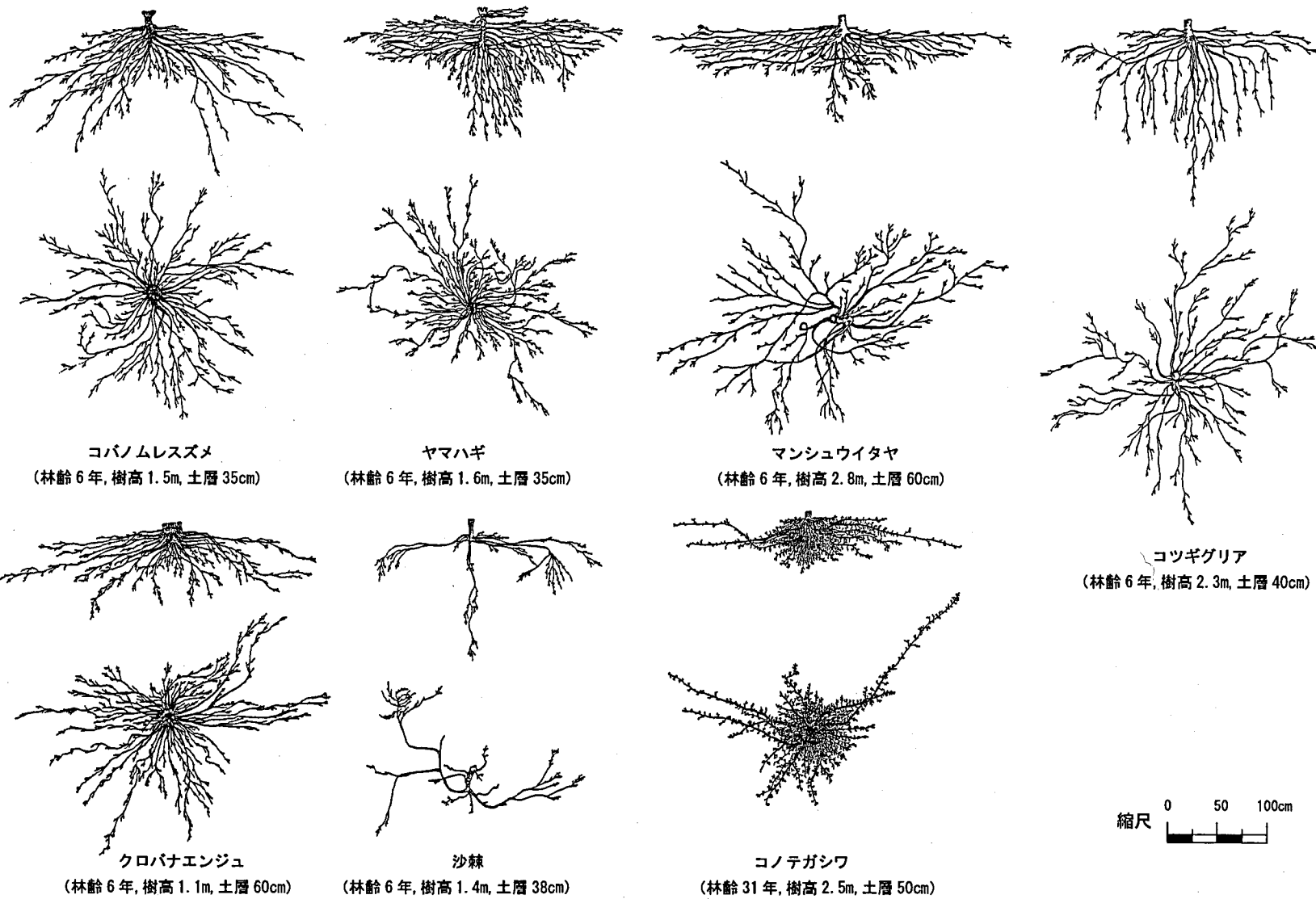
本調査の樹木根系分布を図-1, 図-2に示した。20年生の樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*), 油松および赤松(*P. densiflora*)はいずれも土層が浅い斜面の中, 上部に帯状間隔で植栽されたものである。その共通点は主根と側根が発達し, 同様な根系分布型が示された。しかし, 分布の縦横幅を見ると, 油松と赤松は近似するが, 樟子松は遥かに広く, 垂直の主根が3mに近く, 水平の側根が6mにも達していた。20年生のカラマツ(*Larix leptolepis*)は土層の厚い斜面の下部にあるが, 主根が浅く, 側根が0.2mの表層に集中分布し, また, 細根の量も少なかった。31年生のコノテガシワ(*Platycladus orientalis*)は主根が短く, 0.6mであったが, 側根, 特に細根の量が多く見られた。これらの細根は土壌と密着し, 膨大な吸収面積を有すると考えられる。ニセアカシア(*Robinia pseudoacacia*)は地位条件良好な谷間に植栽されていたものであるが, 主根が短く, 側根と細根の量も少なかった。オオミノニレ(*Ulmus macrocarpa*)は水平根が非常に発達し, 垂直の小径根と細根の量も多く, 調査地における広葉樹種の中で根系がもっとも発達した樹種で, 他の広葉樹が生存しにくい立地では, オオミノニレ

の群れ状の群落が形成している<sup>5)</sup>。チョウセントネリコ(*Fraxinus rhynchophylla*)は半風化の母材の立地に生育したものであるが, 主根が発達し, 3.8mに達した。また, 細根の量も多かった。モンゴリナラ(*Quercus mongolica*)も主根が発達し, 25年生の樹高が4.5mであるが, 主根が6.4mまで発達していた。土層が浅いが, 主根が半風化の母岩の隙間を通して深く伸長し, 水分を吸収することができる。マンシュウイタヤ(*Acer truncatum*)は主根が短い, 側根と細根の量が多かった。コツギグリア(*Continu coggygia* var. *pulescens*)は主根と側根がともに発達する樹種であった。沙棘(*Hippophae rhamnoides*)の根系は主に土壌表層に分布し, 未木質化の細根が多かった。コバノムレスズメ(*Caragana microphylla*), ヤマハギ(*Lespedeza bicolor*)およびクロバナエンジュ(*Amorpha fruticosa*)はいずれも根系の発達する灌木で, 特に側根と細根の量が多かった。

調査した樹種では, ニセアカシアとクロバナエンジュは根瘤菌があり, その以外の樹種はマンシュウイタヤを除き, すべて根系の先に菌根が確認された。菌根は水分と養分を吸収する表面積を大きくする役割があるため, 樹木は乾燥環境によく適応できると



図一 樹木の根系分布(1)



図一 2 樹木の根系分布(2)

言われる<sup>5)4)8)</sup>。

乾燥条件下における樹木根系の分布は常に立地条件によって変異している<sup>5)</sup>。油松と樟子松の場合、土層の厚さや土壌の形態によって根系の分布型も変わる。阜新県旧廟林場の典型肉桂色土の土壌では、深さ50cm前後に厚さ8cmぐらいの硬い石灰集積層(Bca層)があり、主根の伸長生長の障害となった。そこで、主根はこの層を突き通すことが困難であるが、側根が発達した。18年生の樟子松は樹高が4.5mであるが、側根の分布幅が9.3mに達していた。

同じ林地の18年生の油松は樹高が3.7mで、側根の分布幅が6.4mに達していた。周家店林場の未成の肉桂色土では、土層が40cmにも足りない瘠地で、土層以下は半風化状態の石礫や岩石となり、樟子松と油松の主根がこの石礫や岩石の隙間を、扁平や捻じ曲がる形となって伸張して発達した。23年生の樟子松の樹高は4.9mで、側根の幅が5.6m、主根が半風化の岩石の中で2.2m達した。23年生の油松は樹高3.7mで、側根の幅が3.6mで、主根が1.4mとなった。

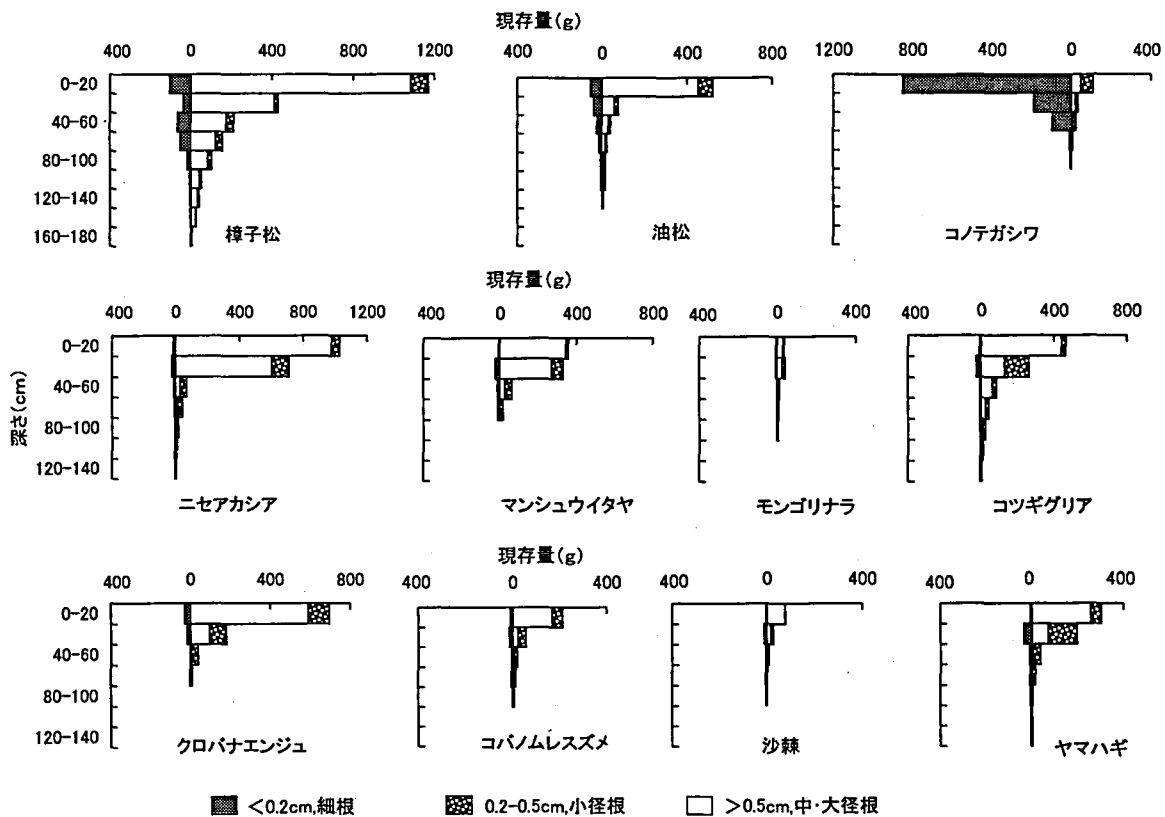


図-3 樹種別根系現存量の垂直分布

表-2 供試樹木の根系状況と現存量構成

樹種名	樹齡(年)	樹高(m)	根の深さ(cm)	側根の幅(cm)	樹木総現存量(g)	根の現存量(g)	根量と樹木		小径根		細根		
							現存量(g)	現存量の比率(%)	中・大径根根量(g)	全根量との比率(%)	根量(g)	全根量との比率(%)	根量(g)
モウゴアカマツ(樟子松)	23	4.9	220	560	14,970	4,750	31.7	4,267	89.8	211	4.4	273	5.7
マンシュウクロマツ(油松)	23	3.7	140	360	8,770	1,740	19.8	1,485	85.3	114	6.6	141	8.1
アカマツ	20	4.0	170	200	11,149	4,105	36.8	3,584	87.3	342	8.3	179	4.4
コノテガシワ(側柏)	31	2.8	100	350	—	1,315	—	74	5.6	95	7.2	1,146	87.1
モンゴリナラ(蒙古樺)	6	1.0	150	200	521	104	20.0	55	53.1	39	37.3	10	9.6
マンシュウウイタヤ(元宝槭)	6	2.8	110	250	3,323	823	24.8	587	71.3	180	21.9	56	6.8
ニセアカシア	6	4.2	160	530	8,497	1,924	22.6	1,572	81.7	296	15.4	56	2.9
コツギグリア(毛黄櫨)	6	2.3	180	270	2,663	943	35.4	616	65.4	279	29.6	48	5.1
沙棘(サジ)	6	1.4	120	160	1,100	125	11.4	80	63.6	30	24.4	15	12.0
クロバナエンジュ	6	1.1	70	280	2,103	978	46.5	628	64.2	291	29.8	59	6.0
コバノムレスズメ	6	1.4	140	270	4,591	335	7.3	160	47.9	141	42.0	34	10.1
ヤマハギ	6	1.6	120	260	787	672	85.4	313	46.6	294	43.7	65	9.7

## 2. 根系の現存量

樹木の根系は、太さや機能により、3つのサイズクラスに分けられる<sup>4)</sup>。細根 (<0.2cm) は養分や水分を吸収する役割を果たす器官であり、小径根 (0.5~0.2cm) は水分や養分を運送する器官であり、中・大径根 (>0.5cm) は水分、養分の運送や樹体の支持に役立つ器官である。各樹種根系現存量の分布を図-3、表-2に示している。23年生の樟子松の根系は1m以内に集中したが、1.8mまで分布した。23年生の油松の根は60cm以内に集中したが、1.2mまで分布した。樟子松と油松の根量は上層から下層にかけてしだいに減っている形で、深根型を示した。コノテガシワは細根の量が非常に多く、ほとんど60cm以上の上層に集中し、60cm以下では根量が急に減り、浅根型を示した。ニセアカシアは成長の速い樹種で、植栽後わずか6年間にもかかわらず、多くの根量が見られた。根は地下1.2mまで達していたが、その大部分が40cm以内に分布し、浅根型を示した。6年生のマンシュウイタヤも浅根型を示した。モンゴリナラは稚樹の期間に成長が遅い樹種で、6年生の根量は少ないが、1.4mまでも伸び、深根型を示した。コツギグリアの根量は下層まで徐々に減り、深根型を示した。4種類の灌木の根量は主に地下40cm前後に分布した。その中、クロバナエンジュと沙棘は浅根型を示したが、ヤマハギとコバノムレスズメはやや深根型を示した。

一般に木本植物の根量が全樹木体を占める比率は9~24%の範囲にあるが<sup>9)</sup>、乾燥地域においてはこの範囲に限らず、水分と養分を吸収するために広範な根系分布と多くの根量が必要である<sup>6)10)</sup>。表-2に示したように、根量と樹木体総現存量との比率は半分以上の樹種が24%以上に達した。その中でも、ヤマハギはもっとも多く、85.4%に達していた。また、乾燥条件において、細根量が多ければ、土壌との接触面積が大きくなり、土壌中の水分と養分を十分に吸収することができる<sup>6)</sup>。そのため、ほとんどの耐乾性の強い樹種は細根量が多い。コノテガシワはその典型的な一例で、根系分布が浅いが、細根量が非常に多く、全根量の87.1%を占めていた(表-2)。そこで、この樹種は極度の乾燥立地でも生長

の旺盛な樹種と言われている<sup>5)</sup>。それに対して、ニセアカシアの細根量は全根量のわずか2.9%を占め、供試樹種の中でもっとも少なく、耐乾性が弱いことを示唆している。早魃の年には、ニセアカシアはほかの樹種より枯れやすい傾向があると報告されている<sup>9)</sup>。チョウセントネリコの根系は細根の量が多く、土層1m以内での細根の量は21%を占め、乾燥の斜面ですぐれた生長ができる。

## IV. まとめ

乾燥条件下において、植物の生存には大きな根系が必要である<sup>9)</sup>。本研究における樹種の根系の発達状況により二つのタイプに分けることができる。一つは根系全体が発達し、特に主根が深く伸長しており、含水量の高い下土層まで達して水分を吸収できるタイプである。このタイプの樹種は、樟子松、油松、赤松、モンゴリナラ、チョウセントネリコおよびコツギグリア等がある。もう一つは主根が短いが、側根が広範に発達し、細根の量も多く、出来るだけ広い範囲に水分や養分が利用できるタイプである。このタイプの樹種はコノテガシワ、オオミノニレおよびマンシュウイタヤ等である。今回の調査では、ニセアカシアとカラマツも対象にしたが、土層が浅く乾燥した斜面中上部では活着が難しい。また、この2種の樹種は浅根型で、根量、特に細根の量が少ないことから、耐乾性の弱い樹種と思われる。一方、灌木の沙棘、クロバナエンジュ、ヤマハギおよびコバノムレスズメは根系の量が多く、特に細根の量が多いことから、水分と養分の吸収能力が高い耐乾樹種といえる。

本文では、乾燥地における樹木根系の特徴と耐乾性について報告した。樹木の耐乾性は、地下部のほか、地上部の生長、葉の形態構造および生理指標を総合にして考える必要があり、これから引き続き検討したい。

最後に、本研究は恩師である故・瀋陽農業大学教授趙榮慧先生のご指導のもとで完成した研究の一部であり、本文を持って篤く御礼申し上げるとともに、心からの御冥福を祈る。

## 参考文献

- 1) 鄭希偉 (1988) 遼西地区油松純林改造及其混交樹種的選択. 瀋陽農業大学修士学位論文, 62pp, 瀋陽.
- 2) 中国科学院南京土壤研究所 (1980) 中国土壤. 729pp, 科学出版社, 北京.
- 3) 木村允 (1976) 生態学研究法講座 8. 陸上植物群落の生産量測定法, 112pp, 共立出版, 東京.
- 4) 刈住昇 (1979) 樹木根系図説. 1121pp, 誠文堂新光社, 東京.

- 5) 劉琪璟 (1989) 遼西阜新地区主用樹種抗乾性的研究. 東北林業大学学报17(1): 93-9.
- 6) Russell, R. S. (1977) Plant root systems. 田中典幸訳 (1981) R.S. ラッセル著「作物の根系と土壤」. 390pp, 農山漁村文化協会, 東京.
- 7) 王賀新 (1987) 遼西丘陵山地樟子松・油松人工林生長特徴及其適生機製的研究. 瀋陽農業大学修士学位論文, 63pp, 瀋陽.
- 8) 佐藤大七郎・堤利夫 (1978) 樹木—形態と機能—. 309pp, 文永堂, 東京.
- 9) 高井康雄・三好洋 (1977) 土壤通論. 229pp, 朝倉書店, 東京.
- 10) 王賀新 (1989) 遼西山地樟子松・油松人工林生物産量の研究. 遼寧林業科技 1 : 26-30.

## Characteristics of Root Systems of the Main Tree Species in The Semiarid Area of Western Liaoning Province, China

Hexin WANG\*, Qi-Jing LIU\*\*, Xiwei ZHENG\*\*\*, Qingwei GUAN\* and Yuji UOZUMI\*

\*Forest Department, Agricultural Faculty of Shinshu University

\*\*Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

\*\*\*Beijing Academy of Agriculture and Forestry

### Summary

The distribution properties and biomass of root systems of 15 woody species in Fuxin County, Liaoning Province were investigated. The drought resistant species presented various forms of root distribution. *Pinus sylvestriformis* var. *mongolica*, *Pinus tabulaformis*, *P. densiflora*, *Quercus mongolica*, *Fraxinus rhynchophylla* and *Continu coggygria* var. *pulescens* are grouped as deep-rooted drought resistant species, since both the taproots and lateral roots were well developed, with large amounts of fine roots. *Platycladus orientalis*, *Ulmus macrocarpa* and *Acer truncatum* are classified as shallow-rooted drought resistant species, which were characterized by the long lateral roots and large biomass of fine roots, though the taproots were very short. Contrary to these two types, *Larix leptolepis* and *Robinia pseudoacacia* presented a shallow distribution and the biomass was small, which are classified as non-drought-resistant species. For shrub species of *Hippophae rhamnoides*, *Amorpha fruticosa*, *Lespedeza bicolor* and *Caragana microphylla*, the root biomass, especially the fine roots, was significantly large, revealing a huge absorbing area. This type is named as strong-absorption drought resistant species.

**Key word** : characteristics of root systems ; Liaoning Province, main tree species China ; semiarid area