2, 3 の土壌改良材の施用が土壌物理性および クスノキ幼木の生育に及ぼす影響

岡 本 舘 明*
敷 根 俊 一**
笹 木 英 次***

Effects of the Soil Mixed with a Few Soil Amendment Matters on Soil
Physical Properties and Young Camphor Tree Growth

Tadaaki OKAMOTO
Shunichi SHIKINE
Eiji SASAKI

はじめに

摘要：真砂土に土壌改良材（ヒートモース、真珠岩パーライト、黒曜石パーライト）を混入して、保水の増加、固相率と土壌硬度の改善、さらにそれにクスノキポット苗を植え1年6ヶ月にわたる生育等を調査した。その結果、保水力は真珠岩パーライトが他の2種に比べ抜群の成績を示し、樹木生育も同じ傾向になったが、3つの物理性の値と生育量の関係を重回帰分析で求めたところ、生育を左右する最大要因は土壌硬度という結果を得た。

1. はじめに

緑化木の植栽用土として用いられる土壌に真砂土があるが、これの樹木生育上の問題点に保水力不足や異常固結がある。また最近では、大面積にわたってポット仕立の若齢木が植栽される事例が多く、この場合灌水に要する労力や経費は無視できなくなっている。そのため、無灌水緑化とまでゆかなくても省灌水緑化が行える手法がないものかという現場の要請を受ける機会が多い。

ここでは、真砂土の保水力不足を土壌改良材を用いて補った場合の効果と処理土壌に2年生クスノキポット苗を1981年5月より1982年10月末までの1年6ヶ月間生育させた結果について報告する。

なお、実験場所を心よく提供して下さった関西電力に対し、心からお礼を申し上げる。

2. 実験方法

(1) 実験場所

大阪の堺泉北臨海工業地帯にある関西電力堺港発電所の緑地帯の一部に実験場所（150 m²）を設けた。

(2) 供試木

クスノキ（*Cinnamomum camphora*）1種選び、2年生ポット苗を愛知県丹羽郡大口町より100本入手した。それらよりD₀²Hの過大、過小の20本を除き、80本を実験に供した。

(3) 実験土壌と土壌改良材

土壌は真砂土（砂土）を用い、改良材には膨軟性および透水、保水性を期待して有機質系のピートモス（長織

維品）を、固結防止および保水、透水性の面から無機質系の真珠岩パーライト（防散型）と黒曜石パーライト（粒径3～5 mm）を用いた。

(4) 実験区とその構成

縦58cm×横58cm×深さ50cmの木枠を作り、根が木枠外へ出ないようにビニールシートを内貼し、底面に直径3cmの穴を空け、排水をとった。その中に各土壌改良材を所定量混合したものを出来るだけ均一な土壌になるように留意して投入した。ただし自然降雨による沈下を考えて、本体の木枠上に補助木枠（高さ10cm）を乗せてその上面まで盛土し、表面を平らに均した（投入土量58cm×58cm×60cm＝0.2 m³）。このようにして約2週間放置し、降雨（56mm）に会わせただけ後、クスノキ苗を木枠当り1本ずつ植付けた。植付け時に1本当り2ℓずつ灌水した以外は期間中灌水は行わず、自然降雨のみとした。

実験区の構成は、対照区（真砂土のみ）と真砂土に前述の土壌改良材をそれぞれ4段階の混合割合（容積％＝10, 20, 30, 40％）で加えた処理区（単一混合区）、さらに2種類を合計してそれぞれの割合になるように混合した処理区（2種混合区）とした。区数は対照区を加えて20区、反復数を4としたので、木枠数は全部で80木枠となった。

(5) 測定項目とその方法

クスノキの生育量と土壌物理性に関する項目、またそれぞれが生育期間中に測定されるものと実験終了時に測定されるものに分けられる。

①生育量に関する項目

根元直径―地表面より高さ1.5 cmの所をノギスで東西、

* 大阪府立大学農学部 ** 広島市都市整備局公園緑地部 *** 堺市土木部土木公園泉北分室

南北2方向を測定し、平均した(単位mm)。

樹高一地表面から樹体の最高位の芽までの垂直距離を測定した(単位cm)。

枝張り一芽と芽の間の最長水平距離とその直角方向を輪尺で測定した(単位cm)。

乾燥重—掘上げた植物体を葉、幹枝、根に分け 葉、幹枝は1昼夜、根は3日間乾燥器(90℃)で乾燥し、測定した(単位0.01g)。

葉面積—乾燥器に入れる前の葉の一部をとり、自動面積計(林電工AAM-5型)で測定した(単位0.01cm²)。

②土壤物理性に関する項目

土壤含水比—検土枕で地表下深さ0, 5, 10, 20, 40cmの各層から土壌を採取し、乾燥(105℃)して含水比を求めた(単位wt.%)。

三相分布—樹木個体掘上げ時に100ml採土円筒を用いて地表下深さ0, 5, 10, 20, 40cmの各位置から不攪乱試料を採取し、実容積測定装置を用いて測定した。

土壤硬度—掘上げ時に山中式土壤硬度計を用いて、0, 5, 10, 20, 40cmの各位置の値(5反復)を測定した(単位mm)。

土壤水分恒数—各層から採取した不攪乱試料を用いてpF 0, 1.5, 3.8, 4.2の含水率(vol.%)を測定した。

pF 0: Hilgard, pF 1.5: 砂柱法, pF 2.7, 3.8, 4.2: 遠心法(脱水過程)

③その他

降雨量—実験場所横に自記雨量計を設置し、期間中の降雨量を測定した(単位0.5mm)。

3. 実験結果

(1) 樹木の生育

生育期間中、樹高、枝張りおよび根元幹直径について1981年5月21日の植付け日から測定を原則として27日毎(冬季は除く)に行った。その結果1981年、1982年とも8回、計16回の測定値を得たが、ここでは植付け時と最終回の測定値をとり上げる。

①樹高: 図-1に各区の平均値と標準偏差を植付け時と最終回の値について示した。植付け時の樹高(80個体平均31.84±2.17cm)に比べて1年6ヶ月後の最終回の値は処理により大小はあるがおしなべて2.3倍程度と、根元直径や枝張りに比べて増加していない。すなわち、独立植栽の場合、上方生長より側方生長の方が勝るという傾向が出ている。しかし、このままでは処理による生育差や傾向がよくわからず、また生育差が植付け当初の差が反映しているように思われたので、植付け時の樹高を“1”とした場合の最終回(1982年10月31日)の値—生育比率を算出して図化した(図-2)。これによると全般的に処理区は対照区よりも高い値を示している、すなわち3種とも改良材の添加効果は認められる。しかし改良材3種の

優劣はつけがたい。

②枝張り: 植付け当初から個体差が大きく、改良の種類による一定傾向はみられなかった。ただし、植付け時から掘上げまでの間の枝の広がりには著しいものがある(図-5)。

③根元幹直径: 植付け時の供試個体選別にDo²Hを用いたこともありこの値の植付け時の個体差は小さい。図-3により処理による効果を検討すれば、各処理区とも対照区より大きな値を示していて、中でも真珠岩パーライトの4区と2種混合40%の区が良い。単一処理区では各改良材とも40%区がとくに大きい値を示す一方、混合比率がそれより低い区は種ごとで多少大小はあるが、種類内ではあまり変らない。すなわちどの改良材も40%入れないと大きな効果が得られない、またそれ以下なら20, 30%入れても無意味で10%で良いということになる。

樹木生育を示す3つの測定値のうち、樹高(H)と根元幹直径(Do)を用いて、ある意味で樹勢を示しているとも言えるDo²Hを求め、さらにその生育比率を求めた(図-6)。この図によれば、根元幹直径でみられた傾向がさらに強調されている。

④個体乾物重: 上記3つの測定項目はどちらかと言えば地上部の生育を示しているが、地下部も含めた生育の総量を示す個体乾物重をみると図-7の通りであった。これによると、Do²Hほど明確な差はみられないが、改良材の種類別では真珠岩パーライトが最もよく、次いでピートモス、黒曜石パーライトの順になっている。また2種混合区の成績の悪さが目につく。

次に、地下部の充実度をみるために地上部重と地下部重の比率、T/R率を算出した(図-8)。単一混合のピートモス区では必ずしも一定の傾向にはないが、真珠岩—黒曜石両パーライトとも混合比率が高いほど(生育が良いほど)T/R率が低下する(地下部が充実する)傾向がみられ、黒曜石パーライトでこの傾向が著しい。2種混合区では概して対照区より高い値を示している。これらの区には共通してピートモスが含まれていることからピートモスが多少なりとも地下部の生育に抑制的に働くのではないかと推察される。

(2) 土壤の物理性

生育期間中、27日毎に測定した土壤水分と、実験終了時(1982年11月)に測定した固相率と土壤硬度について述べる。

①土壤の含水比および含水率: 27日毎の土壤含水比については同一処理は4木枠あるが、2木枠(2反復)のみ測定した。次いで、含水比(wt.%)のままでは植物が使い得る保水量を相互比較できないため、掘上げ時に100ml円筒に採取した不攪土を用いてpF1.5と3.8の含水率(vol.%)を求めpF1.5以下とpF3.8以上の領域の水分を無効水と定め、経時的に保有している有効含水率を含水比の値から算出した。図-9は、生育期間(1年6ヶ月)中

図一 1 植付け時 (1981年 5月21日) と最終測定日 (1982年10月30日) における樹高

図一 2 植付け時を“1”とする最終測定日におけるクスノキ樹高生育比率

図一 3 植付け時と最終測定日における根元幹直径

図一 4 植付け時を“1”とする最終測定日におけるクスノキ根元幹直径の生育比率

図一 5 植付け時と最終測定日における枝張り

図一 6 植付け時を“1”とする最終測定日におけるクスノキ生育量 (D_0^2H) 比率

図一七 処理による個体乾物重の差異

図一八 処理によるT/R率の差異

図一九 生育期間中の平均有効含水率

図一〇 処理による固相率の差異

図一一 処理による土壌硬度の差異

に測定した16回の値を平均した“平均有効含水率”を表わしたものである。

改良材の種類による含水率の差異をみると対照区と比較して真珠岩パーライトの保水力は著しく、40%区では対照区の約2倍の含水率がみられる。ピートモスと黒曜石パーライトは対照区に比べれば多少多いが、注目するほどではない。後者では混合比率が増せば多少含水率が増える傾向にあるが、前者ではむしろ減る傾向にある。1980年に壤土(L)を用いて行った別の実験でも同様の結果が得られている。この壤土での実験の場合、40%混入区では対照区より含水率は低くなる。室内実験では壤土のみよりピートモスを混入した方がわずかであるが含水率が高いにもかかわらず屋外実験では年間を通じて調べた平均有効含水率が低くなるのは、ひとたび乾燥すれば吸水しにくくなるというピートモスがもつ撥水性に起因しているのかも知れない。

また、2種混合の効果については単一使用で得られた含水率を合計した程度の値が出ているだけで、相乗効果はみられない。たゞしピートモス20%+黒曜石パーライト20%区(以後、ピ20%+黒パ20%区と略す)のみ単一使用の値を合計したものより大きく、相乗効果が認められる。

②固相率：掘上げ時に測定した3相のうち、採土日が異なっても変動しない固相率についてみたのが図-10である。木枠に土壌を投入して1年7ヶ月が経過しても対照区の固相率は44.9%と小さい、真砂土が転圧や踏圧を受けると55~60%になるが、そうでなければかなり長期間膨軟さを保つことがわかる。また、ピートモス10%区と真珠岩パーライト10%区(以後、ピ10%区、真パ10%区と略す)では、固相率は対照区と変わらず、混入効果が出ていない。

③土壌硬度：掘上げ時に土壌採取と同時に土壌断面の硬度を測定した。図-11は層厚により重みづけした加重平均値で示されている。これによると単一混合では真珠岩パーライトが土壌硬度を低下させる効果が大い。黒パ40%区では低い値を示しているが、30%以下では逆に高くなっている。これは、他の改良材より土壌が乾燥していることが掘上げ時に観察されたことから、この改良材の排水性を良くする性質が逆に乾燥を誘い、硬度を高くしたと考えられた。またピートモスは混合比率に関係なく、どの区も対照区よりやや、高い値を示した。2種混合区でもピートモスの比率が高い区ほど高い値を示している。なお、測定されたいずれの硬度においても根の伸長を阻害するほどの値には達していない。

4. 樹木生育と土壌物理性の関係

樹木の生育に関与する項目として取り上げた有効含水率、固相率、土壌硬度の3要因の生育への関り方をみるために、重回帰分析を行った。

重回帰分析結果：樹木の生育に関する5項目と物理性の3項目について、個々に比較した単純相関をみると、表-1のような相関係数が得られた。これによると、土壌物理性のうち樹木生育に大きく関与したものは土壌硬度で、次いで有効含水率、固相率の順になっている。土壌硬度は生育に関する5項目それぞれと相関があるが、そのうちでもっとも高い相関を持つのは地下部重であり $r = -0.5519$ (5%有意) が得られている。

重回帰分析を行う前提となる物理性3要因相互間の多元共線性の検定では、5%で有意(3要因は独立に働く変数)という結果を得た。そこでAIC¹⁾ 値を手掛りにして係数の有効性を求めたところ、表-1の結果を得た。AIC値は、それが最小の時変数の種類と数が最も有効に選択されることを示すが、これによると、Do²Hを除いた他の4項目については土壌硬度(x₃)の1項目だけ取り上げれば充分説明がつき、Do²Hでも有効含水率(x₁)と土壌硬度(x₃)の2項目で説明できる。これによると重相関のもっとも強いものは地下部重であり、次いで全体重、地上部重、Do²Hで、もっとも低いものは葉面積という結果が得られた。

以上の結果を要約すれば、以下の通りとなる。

①土壌水分がクスノキ幼木の生育を左右する主要要因という見方で実験計画をたてたが、実際には土壌硬度が生育を左右する最大要因という結果が出た。ただし、硬

表-1 選択された変数とそれらの重相関係数および重回帰式
(AICによる最も有効な変数の選択)

樹木生育量 (y)	変数の数	変 数 名	重相関係数	A I C ¹⁾	重 回 帰 式
全 体 重 (y ₁)(g)	1 2 3	x ₃ x ₃ , x ₂ x ₃ , x ₂ , x ₁	0.5358 0.5789 0.5949	0.1769 + 0.1775 0.1789	y ₁ = - 25.746 x ₃ + 770.42
地 上 部 重 (y ₂)(g)	1 2 3	x ₃ x ₃ , x ₁ x ₃ , x ₁ , x ₂	0.4841 0.5272 0.5415	0.1509 + 0.1517 0.1533	y ₂ = - 11.719 x ₃ + 373.8
地 下 部 重 (y ₃)(g)	1 2 3	x ₃ x ₃ , x ₂ x ₃ , x ₂ , x ₁	0.5519 0.5977 0.6098	0.1509 + 0.1513 0.1529	y ₃ = - 14.026 x ₃ + 396.60
Do ² H (y ₄)(cm)	1 2 3	x ₁ x ₁ , x ₃ x ₁ , x ₃ , x ₂	0.4557 0.5501 0.5827	0.1860 0.1855 + 0.1864	y ₄ = 21.167 x ₁ - 18.561 x ₃ + 587.07
葉 面 積 (y ₅)(cm)	1 2 3	x ₃ x ₃ , x ₂ x ₃ , x ₂ , x ₁	0.4954 0.4978 0.4982	0.3062 + 0.3081 0.3101	y ₅ = - 586.145 x ₃ + 19269

- 注) 1) An information criterion: AICの値が最小の時、もっとも有効に変数が選択される(+印最小)
 2) x₁: 平均有効含水率(vol. %), x₂: 固相率(%), x₃: 土壌硬度(mm)
 3) 重相関係数の値は、すべて5%有意

度そのものは根の伸長を阻害する値まで達していない。

②樹勢を表わす項目として Do^2H と葉面積を取り上げたが、これらは乾物重関係の重相関係数の値より低く、物理性の影響の受け方が少ないと言えよう。

③地下部重の重相関係数がかつとも高い値を示しているが、地下部の発達に土壤条件が直接大きく影響することは納得できる。

5. おわりに

省灌水緑化を目標に、真砂土の保水力強化のために3種の改良材を選定して実験を行ったが、真珠岩パーライトが思いの外保水力に勝れ、それに引替えピートモスと黒曜石パーライトが予想外に劣っていた。黒曜石パーライトは閉鎖孔を持つため少ないことはある程度予想されたが、ピートモスの保水力の少なさは予想外であった。

何はともあれ、真珠岩パーライトを30、40%混入したものは実験期間中を通じて平均して対照区の2倍は含み、1981年の夏の渇水期には、40%区で対照区の2.3倍もの有効水を保有していた。このことは真砂土だけの土壤に比べて、乾燥が続く、灌水しなければならなくなるまでの日数が2倍に延長されることを意味している。このことからこれは省灌水緑化にとって有用な改良材になるという確信を得た。

また、樹木の生育(乾物重、 Do^2H)も供試混入比率間で極大値を取らず、40%区が最大になることから、最大生育量を得るためにはこれ以上に混入量を増す必要がある。現場に則した値としては、生育量と物理性のデータ

をおしなべてみて、10%では効果が見られないと判断され、20% (上質の土壤環境を作ろうとすれば30%) 程度が実際のだろう。

省灌水緑化のための実験であったが、有効含水率、固相率、土壤硬度という3種の土壤条件の生育への影響度を検討した結果からは、圧倒的に土壤硬度の影響が大きいという結果が出た。このことから、真砂土への改良材混入効果の第1は土壤硬度を低く抑えることにあると言えよう。1982年、大阪府道中央環状線の道路緑化木の生育と土壤条件(化学性を含めて11項目)を調査し、重回帰分析を行って、今回同様土壤硬度が1位という結果を得た²⁾ この項目が一般緑化木の生育阻害要因の主要なものになっていることは充分予想される。

なお、保水性に劣る黒曜石パーライトも透水性について調べた別の実験では土壤の透水性を良くするという結果が出ており、真砂土ではなく粘質土に用いれば、この改良材は特性を発揮するだろう。

参 考 文 献

- 1) 大崎紘一他2名(1978): 統計技術, 同文書院, 94—103
- 2) 高橋理喜男ほか(1982): 大阪府道緑化推進のための調査研究: 造雑46(1), 68—70
- 3) 岡本, 敷根(1982): 土壤改良材のピートモスとパーライトの施用がクスノキ2年生ポット苗の生育に及ぼす影響 (予報): 環境緑化研究第2集, 61—107

Summary : It is described with this paper how a few kinds of soil amendment matters improve the water-retentivity of the sand what is called "Masa" or "Masa-soil" and a few soil physical properties, and increase growth of young Camphor tree (*Cinnamomun camphora*) planted in treated soils.

The results of this study are follows:

1. Three kinds of soil amendment matters were adopted; (1) peat-moss, (2) expanded-perlite and (3) expanded-obsidian. The soil treated by expanded-perlite had about twice amount of available water content by volume in comparison with non-treated soil, the others had only few amount. Expanded-perlite is a desirable matter to keep young trees alive in dry season without watering.
2. Tree growth also showed the best at the soil mixed with 40% expanded-perlite. Nevertheless, the soil mixed with 10% soil amendment matter almost had not effects on tree growth.
3. Soil physical properties were measured for determining effects to tree growth. As the result of multiple regression analysis, it is concluded that tree growth was simply influenced by soil hardness without regard to available water content and soil solid phase.