クスノキ挿木苗の生理・形態特性：実生苗との比較

東 若菜^{*1)}・仲尾公平¹⁾・橋本光司²⁾・石井弘明³⁾

1) 神戸大学農学部 Faculty of Agriculture, Kobe University

2) 森林総合研究所林木育種センター Forest Tree Breeding Center, Forestry and Forest Products Research Institute

3) 神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University

摘要：クスノキは多くの社寺林に植栽されており、天然記念物指定を受けた巨樹や地理的に特異な樹林を構成する遺伝資源として貴重であるため、その保護が必要であると考えられる。そこで、本研究ではクスノキ老木の挿木による更新の可能性を検討するため、挿木苗の生理・形態特性を調査し、実生苗との比較を行った。推定樹齢 100 年以上のクスノキの老木から採取した 3 年生の挿木苗の生存率は 10% 程度であった。挿木苗は親木由来の形態特性を保持していたものの、発根後は実生苗よりも旺盛な初期成長を示した。葉の光合成速度は挿木苗のほうが実生苗よりも早い時期に高い値を示し、葉の耐乾性は挿木苗のほうが実生苗よりも高かった。以上の結果から、必要な本数の挿木苗を確保することができれば、クスノキ老木の更新が可能であることが示唆された。

キーワード：社寺林, 更新, 保全, 光合成, 耐乾性

AZUMA, Wakana, NAKAO, Kohei, HASHIMOTO, Koji, ISHII, Hiroaki : **Physiological and morphological properties of *Cinnamomum camphora* cuttings' comparison with seedlings**

Abstract : *Cinnamomum camphora* (L.) Sieb. is widely planted in many shrines and temples in Japan. To develop methods for genetic conservation of natural heritage trees and endemic evergreen broadleaved forests comprising this species, we tested the possibility of using plant cuttings for regeneration of old *C. camphora* trees. The survival rate of cuttings taken from trees more than 100 years old was about 10%. The cuttings maintained some parent-tree traits, but early growth after establishment was greater than that of the seedlings. The leaves of cuttings showed higher photosynthetic rate earlier in the growing season than the seedlings and were more tolerant of water stress. These results suggested that if enough plants can be obtained, old *C. camphora* trees can be regenerated from cuttings.

Key words : conservation, drought resistance, photosynthesis, regeneration, shrine-temple forest

1. はじめに

クスノキ (*Cinnamomum camphora* (L.) Sieb.) はかつて船材や樟脳などに利用され、関東以西の太平洋側地域に広く植栽されている¹⁾。また、成長の早い常緑樹であることから全国に巨樹・巨木が存在し²⁾、神社や寺院などの常緑樹林を造成する際に広く植栽されてきた。クスノキは陽樹性の樹種であり、ギャップ依存型の更新をするため^{3, 4, 5)}、常緑樹林内における更新がみられず、個体群が維持されていない例が報告されている^{6, 7)}。また、市街地に植栽されたクスノキの巨木が衰退した例もみられる^{8, 9)}。

クスノキは実生で更新されるのが一般的である^{10, 11)}。しかし、天然記念物に指定された巨樹や地理的に特異な樹林を構成する遺伝資源保護の観点から、親木由来の挿木を用いた更新の可能性について検討する必要がある。そこで、本研究ではクスノキが優占する植栽型の常緑樹林として兵庫県の重要文化財に指定されている西宮神社社叢の景観と遺伝資源の保

護を目的とし、挿木によるクスノキ老木の更新可能性について、挿木苗の生理・形態特性を天然更新と近いかたちで発芽させた実生苗と比較することで検討した。

2. 材料ならびに方法

2.1 調査地および材料

本研究は、兵庫県南東部にある西宮市の西宮神社（北緯 34° 43′ 東経 135° 20′）で行った。西宮神社の社叢は境内北西部に位置し、神社敷地 4.2 ha のうち 1.3 ha を占めており、市街地の貴重な緑地として 1961 年に兵庫県の重要文化財に指定された。社叢内には推定樹齢 100 年以上のクスノキの老木が十数本植栽されており、高木層はクスノキ (*Cinnamomum camphora* (L.) Sieb.) が優占し、中・下層にはクロガネモチ (*Ilex rotunda* Thunb.)、ヤブツバキ (*Camellia japonica* L.)、アラカシ (*Quercus glauca* Thunb.) などがみられる植栽型の常緑広葉樹林である⁹⁾。

* 連絡先著者 (Corresponding author) : E-mail : 115a301a@stu.kobe-u.ac.jp

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 1-1 Rokkodai-cho, Nada-ku, Kobe, 657-8501, Japan

表-1 兵庫県西宮神社社叢において挿し穂を採取したクスノキ老木の胸高直径 (DBH) および樹高.

Table 1 Size attributes of the old *C. camphora* trees from which cuttings were obtained at Nishinomiya Shrine, Hyogo Prefecture, Japan.

Tree	DBH (cm)	Height (m)
B	123.5	27.4
E	166.7	24.6
F	171.5	25.1

2007年6月26日に社叢内に生育するクスノキの老木3本(表-1)から枝を採取し、林木育種センター関西育種場にて挿し付けを行った。ロープを使って老木の樹冠に登り、枝の先端部および樹冠内部の萌芽枝から挿し穂を合計120本採取した。挿し穂は全て当年の伸長・展葉を完了しており、葉は硬い状態であった。挿し穂は長さ10-15cm程度、葉数3-4枚に調整した後、0.5%インドール酪酸(IBA; オキシベロン粉剤、バイエルクロップサイエンス)を直接切り口に塗布したものと、これを40倍に希釈した水溶液に24時間浸漬したものの二種類の処理を行った。挿し木の発根を促進する方法として、樹種によってIBAを直接塗布する方法と希釈液に一定時間浸漬する方法がある¹⁰⁾。クスノキについては方法が確立されていないため、本研究では上記二種類の処理を行った。挿し穂は鹿沼土(下から大粒を2cm、中粒を2cm、小粒と細粒を混ぜ合わせたものを10cm)を充填した30×45cmのコンテナに植え付け、ミスト(毎日7:00~18:30まで30分ごとに15~30秒間散水)による灌水を行った。

2007年8月に発芽率を調査した。発根した挿木苗は2008年2月に赤土、黒土、ピートモス、軽石等を含む培養土(花と野菜の土、タキイ種苗)に鹿沼土を混ぜたものを充填したポット(直径10.5cm)に鉢上げし、ガラス室内にて1年間栽培した。

本研究では挿木苗との比較対象として、実生苗を用意した。実生苗は天然更新と近い状態で発芽させるため、2007年2月に西宮神社の社叢林内の土をポット(直径20.5cm、高さ17.6cm)に播種し、境内の明るい場所で管理した。ポットは十分な灌水を行い、発芽したものからクスノキの実生以外を間引き、さらに1年間栽培した。実生苗の栽培方法は挿木苗と異なるが、本研究では栽培方法の違いも含めて、両者を比較することを目的とした。

2009年3月に上記挿木苗のうち生存したもの11本(親木B由来のもの10本、F由来のもの1本)を西宮神社に持ち帰り、実生苗と同じサイズのポットに植え替え、実生苗9本とともに境内の開空地に並べ、定期的に灌水を行いながら1年間栽培した。挿木苗には果実をつけているものがあつたが、摘果は行わなかった。

2.2 調査方法

2.2.1 葉・枝・個体の形態および化学組成の測定

2010年9月に各試験木の樹高および、主軸先端部の当年枝長を測定し、春に展葉した一次葉の数および夏に展葉した二次葉の数を数えた。サンプル枝として各試験木から側枝1本を採取し、それぞれ水切りして10時間程度暗所に置いて十分に吸水させた後、二日間かけて葉の形態と化学組成、光合成速度、水分生理特性を測定した。サンプル枝から当年の一次葉4枚をランダムに採取し、葉の長さおよび幅を測定した後、葉面積計(Li-3000, Li-Cor Inc)を用いて葉面積を測定した。形態測定を終えた葉の主脈を除いた部分から1cm²の葉片を切りとり、80%アセトンでクロロフィルを抽出した。抽出液の吸光度を分光光度計(UVIDEC-640, 日本分光工業株式会社)によって測定し、Porra et al.¹²⁾の方法により、クロロフィル含有量を求めた。

残った葉は乾燥機で絶乾し乾重を測定した後、乳鉢・乳棒を用いて細かく均一に粉砕した。粉砕した葉の粉末から約10mgをサンプルとしてCHNアナライザー(SeriesII CHNS/O Analyzer 2400, Perkin Elmer Japan)を用いて分析し、窒素濃度を求めた。

2.2.2 葉の光合成・水分生理特性の測定

十分吸水させたサンプル枝から当年の一次葉1枚をランダムに選び携帯型光合成蒸散測定装置(LI-6400, LiCor Inc.)を用いて最大光合成速度を測定した。LED光源を装着した広葉樹用チャンバー(LI6400-02B)に測定葉をはさみ、CO₂濃度はReferenceを380ppm、葉温は20℃に設定した。光強度(PPFD)を800μmol m⁻² s⁻¹に設定し、十分に光合成速度が上昇したことを確認してから、1,600, 1,000, 500, 250, 120, 60, 30μmol m⁻² s⁻¹と徐々に光強度を減少させて測定した後、

表-2 兵庫県西宮神社社叢のクスノキ老木から採取した挿し穂の発根率(親木・採取枝・IBA処理別)

Table 2 The rooting percentage of cuttings obtained from the old *C. camphora* trees at Nishinomiya Shrine, Hyogo Prefecture, Japan, by mother tree, branch and IBA treatment.

Tree	Rooting (%)
B	78.8 ^a
E	17.9 ^b
F	12.5 ^b
Branch	
Terminal	31.7 ^a
Sprout	41.2 ^a
IBA Treatment	
Powder	51.9 ^a
Liquid	21.0 ^b

Numbers labeled with the same letter are not significantly different ($P > 0.05$)

暗呼吸速度を測定した。測定は各光強度で 10 回程度行い、LI-COR 社のアプリケーションソフト (Photosynthesis Workbench) を用いて、非線形回帰分析により以下の式をあてはめ、葉の最大光合成速度 ($A_{\max}$, $\mu\text{molCO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$) を求めた。

$$A(I) = \frac{\phi I + A_{\max} - \sqrt{(\phi I + A_{\max})^2 - 4\theta\phi I A_{\max}}}{2\theta} - R$$

ここで、 I は光強度、 R は暗呼吸速度、 ϕ および θ は初期勾配および凸度を表し、回帰の決定係数は0.987~0.997であった。

また、十分吸水させたサンプル枝から当年の一次葉 1 枚をランダムに選び、PV 曲線法により葉の水分特性を測定した。プレッシャーチャンバー(model1000, PMS Inc.)を用いて葉の木部圧ポテンシャル(Ψ_1 , MPa)と重量(FW, g)を、圧力を加えながら繰り返し測定した。測定はFWと Ψ_1 の逆数の間に明確な直線関係が得られるまで続けた。測定終了後に葉を絶乾し乾重を測定した。以上の測定結果からしおれ点における葉の水ポテンシャル($\Psi_{1, \text{tip}}$)と相対含水率(RWC_{tip})、および飽水時の浸透水ポテンシャル($\Psi_{0, \text{sat}}$)を求めた。

葉の化学組成および、光合成速度、水分特性の測定は 10 月にも行った。すべての調査が終了した後、測定に用いなかった挿木・実生苗それぞれ 4 個体を掘り起こし、全葉面積を測定した後、葉・枝・根に分けて絶乾し、乾重を測定した。

3. 結果

3.1 挿し穂の発根・生存率

挿し穂 120 本のうち、2007 年 8 月時点で 44 本が発根し、発根率は 36.7%であった。親木別にみると最も DBH が小さい親木 B 由来の挿し穂の発根率が最も高く 78.8%, 次いで親木 E が 17.9%, F が 12.5%であった(表-2)。採取部位(枝の先端部および萌芽枝)による発根率の差は見られなかった。処理

表-3 兵庫県西宮神社のクスノキ挿木苗および実生苗の形態特性。

Table 3 Morphological attributes of the cuttings and seedlings of *C. camphora* at Nishinomiya Shrine, Hyogo Prefecture, Japan.

	Cutting	Seedling	
Tree morphology			
Tree height (cm)	66.7±3.0	29.0±2.6	*
T/R ratio	0.81±0.05	1.08±0.2	*
Leaf area ratio (cm ² g ⁻¹)	13.2±0.7	47.4±7.8	**
Shoot length (cm)	6.3±1.3	18.2±1.7	**
Number of early leaves	5.3±0.6	11.0±0.6	**
Number of late leaves	3.5±1.2	12.7±2.0	**
Leaf morphology			
Leaf area (cm ²)	20.9±2.2	19.1±1.5	
Leaf mass per area (g m ⁻²)	111.8±3.5	89.2±2.7	**
Leaf length:width ratio	1.9±0.1	2.8±0.2	**

Mean ± s.d. *: P < 0.05, **: P < 0.01 (t-test)

法で比較すると粉剤を塗布したもののほうが水溶液に浸漬したものよりも発根率が高かった。鉢上げ後一部の挿木苗が枯死したため、2009 年 3 月まで生存した苗は 120 本のうち親木 B 由来のものが 11 本, F 由来のものが 2 本の計 13 本であったことから、2 年間の生存率は 10.8%であった。

3.2 葉・枝・個体の形態および化学組成

苗の樹高は挿木苗のほうが実生苗よりも 2 倍以上高かった(表-3)。地上部:地下部比(T/R ratio)および葉面積比(Leaf area ratio)は挿木苗のほうが低く、地下部への物質配分割合が高いことが示された。当年枝長は挿木苗の方が短く、当年枝葉数も少なかった。個葉の葉面積は両者に差がなかったが、比葉重(leaf mass per area)は挿木苗の方が大きく、葉の長幅比が小さかった。

葉のクロロフィル濃度は 9 月には両者に差はなかったが、

図-1 兵庫県西宮神社のクスノキ挿木苗および実生苗の葉のクロロフィル・窒素濃度。誤差線は標準偏差。**: P < 0.01 (t 検定)。

Fig. 1 Chlorophyll and nitrogen concentrations of the leaves of *C. camphora* cuttings and seedlings at Nishinomiya Shrine, Hyogo Prefecture, Japan. Values are the mean ± s.d. **: P < 0.01 (t-test).

図-2 兵庫県西宮神社のクスノキ挿木苗および実生苗の葉の光合成・水分特性.

Fig. 2 Photosynthetic and water-relations characteristics of the leaves of cuttings and seedlings of *C. camphora* at Nishinomiya Shrine, Hyogo Prefecture, Japan. Values are the mean $\pm$ s.d. *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$ (t-test).

10月には実生苗のクロロフィル濃度が増加し、挿木よりも高い値を示した(図-1)。葉の窒素濃度は9, 10月とも両者に差はなかった。

3.3 葉の光合成・水分生理特性

葉の最大光合成速度は9月には挿木の方が実生よりも高い傾向を示したが($t=3.722, p=0.065$), 10月には実生の光合成速度が増加し、挿木との差がなくなった(図-2)。初発原形質分離時の葉の水ポテンシャル($\Psi_{l, tlp}$)は9, 10月とも挿木の方が低い値を示した。初発原形質分離時の葉の相対含水率(RWC_{tlp})は両者に差がなく、飽水時の浸透ポテンシャル($\Psi_{o, sat}$)は9月には挿木の方が低い値を示したが、10月には差がみられなくなった。

4. 考察

クスノキは一般に実生で繁殖される¹⁰⁾。また、挿木で繁殖する場合は樹勢の良い若木から挿し穂を採取することが望ましい¹³⁾。本研究において、クスノキ老木から採取した挿木苗の生存率は約10%と低かったものの、3年生の挿木苗の樹高は同齢の実生苗の2倍以上あった。挿木苗は当年の伸長量および葉数が実生苗よりも少なかったが、個葉の光合成能が高かったことが、発根後の旺盛な初期成長量に寄与していると考えられる。

苗木の生存率を高めるには、植付け後の乾燥ストレスを軽減するための灌水が不可欠である。また、発根後の成長にお

いても根の充実と耐乾性は重要である。高木の葉は乾燥ストレスの強い樹上で形成されるため、実生や稚樹の葉よりも高い耐乾性を有する¹⁴⁾。挿木苗の葉は実生苗の葉と異なる形態を示した。また、挿木苗は実生苗よりも根が充実していたものの、葉の水分特性については挿し穂として採取される以前に樹上で備わった性質を維持したと考えられる。したがって、挿木苗は苗木として用いるにあたって有用な性質をそなえている。一方、実生苗については、今回用いた栽培方法では挿木苗よりもT/R比が高く、耐乾性の低い葉が生産されることが明らかになった。

ポプラなどの挿木苗では、挿しつけ直後は親木の性質を受け継ぐが、その後は親木よりも光合成速度が高く、成長が良くなることが報告されている¹⁴⁾。本研究においても、クスノキの挿木苗は3年目には結実する個体が見られるなど親木の性質を維持していた。しかし、4年目からは結実しなくなったことから、炭素資源の物質配分については生殖成長から栄養成長へと切り替わり、生理的に若返ったと考えられる。

本研究の結果から、挿木苗によるクスノキの繁殖は貴重な森林群落や記念樹などの遺伝資源を保護する手段として有効であることが示された。今後は生存率を向上させるために、挿し穂の採取方法や挿しつけ方法、鉢上げ後の管理方法の改良が必要である。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご協力をいただいた西宮神社お

よび榊深秀園に感謝いたします。なお、本研究の一部は神戸

引用文献

- 1) 池田裕行・渡邊良広・井出雄二 (2002) ギャップにおけるクスノキ天然更新稚樹の成長経過, 日林学術講 111:199-200
- 2) 池本三郎・山岡好夫 (2007) 全枝葉枯れ大クスノキの治療：神奈川県立青少年センターのクスノキ 2003 年～2006 年の治療結果, 樹木医学研究, 11(4):190-191.
- 3) 岩崎絢子・石井弘明 (2005) 孤立社寺林の植生構造にみられる林縁効果, 人と自然, 15:29-42.
- 4) 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会 (1980) 樹木のふやし方:タネ・ホトリから苗木まで, 農林出版.
- 5) 町田英夫 (1981) さし木のすべて, 誠文堂新光社.
- 6) Mencuccini, M., Martinez-Vilalta, J., et al. (2005) Size-mediated ageing reduces vigour in trees, Ecology Letters, 8:1183-1190.
- 7) 守谷栄樹 (1996) クスノキ苗木の成長特性に対する育苗環境の影響と評価, 岐阜大学連合農学研究科博士論文.
- 8) 長沼武志・持田幸良・星直斗 (1998) 神奈川県・真鶴半島と湯河原鍛冶屋にみられるクスノキ植林の植物群落学的比較研究, 横浜国立大学教育人間科学部理科教育実習施設研究報告, 11:73-92.
- 9) 永友大幸・下村孝 (2005) 校庭の巨樹を用いた環境教育受講経験が児童の意識に及ぼす影響, ランドスケープ研究, 69(5):829-834.
- 大学農学部地域連携センターの援助により行われました.
- 10) 中村 彰宏・衣笠斗基子・陣門泰輔・谷口伸二・佐藤治雄・森本 幸裕 (2002) 埋土種子密度, 種数, 多様度指数・面積曲線による森林表土撒き出し緑化の評価, 日本緑化工学会誌, 28(1) : 79-84.
- 11) Nakamura, A., Morimoto, Y. & Mizutani, Y. (2005) Adaptive management approach to increasing the diversity of a 30-year-old planted forest in an urban area of Japan. Landscape and Urban Planning, 70:291-300.
- 12) 西谷裕子・高瀬雅子・福田健二・鈴木和夫 (1998) クスノキ衰退木の処置と樹体の生理状態, 東京大学農学部演習林報告, 99:185-197.
- 13) Porra, R.J., Thompson, W.A. and Kriedman, P.E. (1989) Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophyll a and b extracted with four different solvents : verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy, Biochimica et Biophysica Acta 975 : 384-394.
- 14) 田端敬三・橋本啓史・森本幸裕・前中久行 (2003) 糺の森におけるクスノキおよびニレ科 3 樹種の成長と動態, ランドスケープ研究, 67(5):499-502.

(2011.6.20 受理)