植栽間隔、誘引方法及びフェンスのメッシュ径の違いがムベ (*Stauntonia hexaphylla* (Thunb.) Decne.) の被覆成長に及ぼす影響

岡田準人¹・下村 孝²・田中孝雄³・畑 明宏³

摘要: 植栽間隔および誘引方法が、異なるメッシュ径のフェンスを被覆する実生3年生のムベの成長に及ぼす影響を、被覆率の測定により調べた。植栽間隔および誘引方法の違いが、ムベの成長に影響を与え、疎植区よりも密植区、そして、フォーク状区(水平誘引)よりも串状区(垂直誘引)の方が平均被覆率は高かった。メッシュ径の違いもまた、ムベの成長に影響を与え、メッシュ径小区の方がメッシュ径大区よりも平均被覆率は高かった。

キーワード: ムベ (*Stauntonia hexaphylla* (Thunb.) Decne.)、フェンス、被覆、メッシュ径、植栽間隔、誘引方法

Okada, Norito, Shimomura, Takashi, Tanaka, Takao and Hata, Akihiro : Effects of planting intervals, training methods and mesh sizes of fences on the growth of *Stauntonia hexaphylla* (Thunb.) Decne. covering the fences

Abstract : We examined the effects of planting intervals and training methods on the growth of 3-years *Stauntonia hexaphylla* (Thunb.) Decne. seedlings covering fences of various mesh sizes with measuring ratios of covering fences. The differences of planting intervals and training methods affected the growth of seedlings. The average ratios of covering fences in close planting plot were larger than those in sparse planting plot. The average ratios of covering fences in vertical training plot were larger than those in horizontal training plot. The differences of mesh sizes affected the growth of seedlings. The average ratios of covering fences in small size of a mesh plot were larger than those in large size of a mesh plot.

Key words : *Stauntonia hexaphylla* (Thunb.) Decne., fence, covering, mesh size, planting interval, training method

1. はじめに

現在、都市のヒートアイランド現象¹⁾など、都市における温熱環境問題への対処を目的として、都市に緑を持ち込む手法が課題となっている。その中でも特に、都市における植栽可能面積の狭小さから、屋上緑化および立面緑化に注目が集まっている。しかし、これらの緑化はともに、事例数が増加する一方で、屋上および立面という特殊空間における環境と、植物の生育特性との不適合など、新たな課題が多数出現している^{5, 13)}。特に、立面緑化は事例数が多く、研究の歴史^{10-12, 14)}が比較的古いにも関わらず、つる植物の生育特性と立面との関係には、未だに多数の課題が残されている。

冲中ら¹⁰⁾が行った事例調査では、巻き付きや付着などのつる植物の生育特性と、建築物の壁面や塀、柵などの立面の種類との関係を、定性的に明らかにしようとした。また、実験的研究では、付着型つる植物を立面に登攀させ、つる植物の初期成長¹¹⁾や、その付着特性¹²⁾を明らかにしている。さらに、朴ら¹⁴⁾は、付着型つる植物を立面に登攀および下垂

させることで、つる植物の生育特性を明らかにしている。このように、付着型つる植物の生育特性と立面との関係に関する研究は多数行われている。一方、巻き付き型つる植物を用いた立面緑化の事例としては、柵やフェンスの緑化が挙げられ、これらの立面緑化は、日本においても古くから行われており、手引き書も多数刊行されている⁴⁾。しかし、これらの手引き書に掲載されている知識およびデータは、筆者の経験に基づくものであったり、実験データも多くは論文としては形になっておらず、その根拠は明確とはいえない。立面緑化を緑化工法として確立するためにも、正確な知識およびデータをさらに蓄積していく必要がある。

国内では、冲中ら¹⁰⁾が、巻き付き型つる植物の生育特性と支持体の特性から導いた組み合わせ理論と、市街地における事例調査で得られた、巻き付き型つる植物と支持体の最適な組み合わせを比較・対照する事で、巻き付き型つる植物と支持体の関係を明らかにしている。また、Sakaiら¹⁸⁾は、フジ (*Wisteria floribunda* (Willd.) DC.) の生育に及ぼす支柱の効果に関する研究を行い、支柱の有無およびその長さが、

¹⁾京都府立大学大学院人間環境科学研究科, Grad. School of Human Environ. Sci., Kyoto Prefec. Univ.

²⁾京都府立大学人間環境学部, Fac. of Human Environ., Kyoto Prefec. Univ.

³⁾積水ハウス株式会社, Sekisui House, Ltd.

フジの茎の直径や新鞘へのバイオマスの分配に影響を与えていることを明らかにしている。しかし、つる植物の茎の曲率・旋回半径、巻き付き力、および登攀角度などの生育特性と、支持体の太さ（半径）や間隔などとの関係は明らかにされていない。

国外でも、巻き付き型つる植物に関する研究は数多い。Larson⁶⁾は、スイカズラ (*Lonicera japonica* Thunb.) およびツキヌキニンドウ (*L. sempervirens* L.) の茎の先端部の回旋転頭運動に注目し、トレリスにつる植物を登攀させ、

(1) 直立するが登攀しない、(2) 登攀する、(3) 匍匐するの3種類の試験区に分類し、回旋転頭運動率およびトレリス利用成功率などを測定し、スイカズラは匍匐する際、回旋転頭運動を行わないことを明らかにしている。しかし、トレリスのメッシュ径とつる植物の生育特性の関係については考察されていない。また、Matista⁷⁾は、つる植物の支持体への接触による巻き付き力に注目し、巻き付きによって生じる生体内の細胞の震動を定量化する電圧検出装置の開発を行っている。以上のように、巻き付き型つる植物の生育特性に関係する要因である、茎の曲率・旋回半径、巻き付き力、登攀角度、および支持体の太さ（半径）などに注目した研究は数多くみられるが、これらの知見を緑化の現場に利用するには、緑化の現場に即した実験的な研究が必要であると考えられる。

本研究では、植栽間隔および誘引方法が、異なるメッシュ径のフェンスを被覆するムベの成長に及ぼす影響を、被覆率の経時変化から明らかにしようとした。

2. 材料及び方法

2.1 供試植物

実験材料として、常緑つる性木本植物¹⁹⁾のムベを用いた。ムベは、4月から5月にかけてピンクがかかった白色の花を付け、秋には甘い果肉の果実を結ぶ⁹⁾。そのため、造園・緑化の現場では、主にフェンスやトレリス、パーゴラなどに登攀させて利用される。

実験には、宮崎県の農家から2001年4月12日に購入した草丈30~40 cmに育った3年生の実生苗を供試した。木本性つる植物の実生苗が、支持体を必要とするまでに、草丈が30~40 cmに達するということが、東南アジア¹⁶⁾および中南米¹⁵⁾などの熱帯林における調査で明らかになっており、これらの知見を供試植物の選定にあたって参考にした。

2.2 試験圃場

京都府立大学付属鴨農場に試験圃場を設定し、フェンス（セキスイメッシュフェンスG10、積水樹脂（株））を東西に面を向けて設置した。1枚の大きさが縦1.4 m、横2 mのフェンスを、南北に12枚並べ、12枚を1列として東西に1.5 m間隔で2列配置した。フェンスは、メッシュ径の異なる2種類（メッシュ径大：縦12.1 cm、横10.4 cm、メッシュ径小：縦12.1 cm、横5.2 cm）を使用した。なお、フェンスの縦線材および

横線材の直径は、ともに4.0 mmであった。

植栽部分は、フェンスの設置方向に沿って、幅60 cm、深さ30 cmにわたって土壌を耕耘し、土壌改良材としてピートモスを、体積比で畑土：ピートモス=6：4の割合で配合した。また、雑草抑制のために、植栽部分には幅60 cm、厚さ0.4 cmの防草用不織布マットを設置した。さらに、試験圃場内の通路部分にも、同様の目的でポリエチレン製黒色マルチを設置した。

試験圃場内にある水道にコンピュータ内蔵電磁弁を取り付け、さらに点滴灌水ノズルを供試植物1株につき1つの割合で設置し、灌水量の制御を行った。

なお、供試植物の誘引は、接ぎ木用クリップを用いて線材に固定する方法で行った。

2.3 実験計画

供試植物は、外見上均一と思われる苗を150株準備し、その中からさらに均一な苗を精査して48株選び出し、単純無作為抽出法により1試験区に1株あるいは3株のグループを単位として各12グループに分け、試験圃場に定植した。供試植物の平均草丈および標準偏差は、37.6±6.61 cmであった。

実験水準は、植栽間隔、誘引方法およびメッシュ径の違いとした。植栽間隔は、供試植物を1 mあたりに1本植栽する疎植区および、1 mあたりに3本植栽（株間=25 cm）する密植区の2水準を設定した。誘引方法では、地面に対して垂直方向に誘引する垂直誘引（串状区）および、地面に対して水平方向に誘引する水平誘引（フォーク状区）の2水準とした（図-1）。メッシュ径は、1メッシュの寸法が縦12.1 cm、横10.4 cmのメッシュ径大区および、縦12.1 cm、横5.2 cmのメッシュ径小区の2水準を設定した。なお、各試験区ともに3反復とした。

図-1 誘引方法の模式図

Fig. 1 Schematic of training methods.

2.4 調査期間及び管理

2001年4月17日にムベを定植し、4月17日から10月27日まで月1回の調査を行った。

供試植物の株元付近の表土が乾いた場合に、30分間の点滴灌水を行った。また、2週間に1回、供試植物の株元付近に生育する雑草の除草を行った。5月29日に、食害害虫を予防するために、粒状デナボン（タケダ園芸（株））を1株あたり3 gずつ、各供試植物の株元付近の空隙部分に散布した。

2.5 被覆率の測定

フェンスから1.5 m離れた位置から、縦1.21 m、横1.04 mの範囲が1画像内に収まるように撮影を行った。なお、背景には無反射の黒色布を設置した。撮影は、すべて晴天の日を選び、撮影時間は、いずれも午前9時から午前10時までの間とした。

デジタルカメラ（FinePix 700、富士写真フィルム（株））で撮影したJPEG画像をパーソナルコンピュータに取り込み（図-2）、画像解析ソフトLIA32 for Windows95^{3,21,23)}を用いて被覆面積を計算した。被覆面積は、(1)式に従って被覆率に換算した。

$$\text{被覆率}\% = \frac{\text{被覆面積mm}^2}{\text{フェンス面積}\text{mm}^2} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{フェンス面積} = 1210 \times 1040 \text{mm}^2$$

なお、LIA32 for Windows95を使った画像解析は、マニュアルに従って行った。被覆面積の計算方法を以下に示す。

パーソナルコンピュータに取り込んだ640×480 pixelsの撮影画像（図-2）は、一定の距離から撮影しているとはいえ、少なからず距離にばらつきが生じる。そこで、LIA32 for Windows95を使って、各撮影画像の相対的な長さ（スケール）を計測し、被覆面積の算出基準（画像読み取り精度 dpi）とした。なお、画像読み取り精度 dpiの計測は、フェンスの1メッシュ（メッシュ径大区は縦12.1 cm、横10.4 cm、メッシュ径小区は縦12.1 cm、横5.2 cm）の水平方向の長さを基準とした。そして、被覆部分（供試植物）と背景部分（撮影ボードおよびフェンス）の色データをサンプリングし、判別分析²⁰⁾により画像分類を行った（図-2）。被覆部分の画像分類の基準は、葉の明度が高い部分の色、葉の明度が標準的な部分の色および葉の明度が低い部分の色の3水準である⁸⁾。また、背景部分の画像分類の基準は、撮影ボードの色およびフェンスの色の2水準である。色データのサンプリング数は、各水準とも10サンプル、合計50サンプルとした。なお、画像分類は、撮影画像に対して、上述した5水準のカテゴリーを人間の目で見て判読し、これを入力して分類する教師付き分類を採用した²⁰⁾。画像分類で求めた判別式を用いて、撮影画像の被覆部分を赤色、背景部分を白色に変換し、2値化を行った（図-2）。その後、赤色の部分を被覆面積と認識し、スケール計測で求めた画像読み取り精度 dpiに基づいて、被

覆面積を計算した。

3. 結果

3.1 有意差検定の検討

10月27日の時点における平均被覆率について、密植区および疎植区、串状区およびフォーク状区、そしてメッシュ径小区および大区の各試験区間の有意差検定を行った。しかし、供試植物の枯死により、3反復を確保できなかったものについては有意差検定を行わず、被覆率の平均値と標準偏差のみを示した（表-1）。

3.2 植栽間隔の違いによる平均被覆率の比較

異なる植栽間隔における平均被覆率の経時変化を、図-3および図-4に示す。植栽後日数が193日の10月27日まで、各試験区とも平均被覆率が増加した。

10月27日の時点で各試験区を比較すると、密植区（メッシュ径小区・串状区：29.8 %、メッシュ径大区・串状区：31.0 %、メッシュ径小区・フォーク区：30.2 %、メッシュ径大区・フォーク状区：18.7 %）の方が疎植区（メッシュ径小区・串状区：17.8 %、メッシュ径大区・串状区：10.4 %、メッシュ径小区・フォーク状区：10.6 %、メッシュ径大区・フォーク状区：7.7 %）よりも、平均被覆率が高くなった。密植区および疎植区間の有意差検定を行った結果、メッシュ径小区・フォーク状区においては、密植区の方が疎植区よりも、平均被覆率が有意に高かった（Welchの検定、 $p < 0.05$ ）。その他の試験区については、欠損値を生じたために有意差検定を行えなかった。

1) 撮影画像 → 2) 分類画像 → 3) 2値化画像

図-2 撮影画像の画像解析

Fig. 2 Image analysis of photographic image.

- 1) Photographic image
- 2) Classified image
- 3) Two dimensional binary image

3.3 誘引方法の違いによる平均被覆率の比較

誘引方法の違いによる平均被覆率の経時変化を、図-5および図-6に示す。植栽後日数が193日の10月27日の時点までは、各試験区とも平均被覆率が増加した。10月27日の時点で各試験区を比較すると、密植区・メッシュ径小区におけるフォーク状区 (30.2 %) および串状区 (29.8 %) 間の関係を除いて、串状区 (疎植区・メッシュ径小区: 17.8 %, 疎植区・メッシュ径大区: 10.4 %, 密植区・メッシュ径大区: 31.0 %) の方がフォーク状区 (疎植区・メッシュ径小区: 10.6 %, 疎植区・メッシュ径大区: 7.7 %, 密植区・メッシュ径大区: 18.7 %) よりも平均被覆率は高い値となった。串状区およびフォーク状区間の有意差検定を行った結果、密植区・メッシュ径小区においては、串状区およびフォーク状区の平均被覆率に有意な差はみられなかった (Studentのt検定, $p < 0.05$)。その他の試験区については、株の枯死により2反復となったため有意差検定を行えなかった。

密植区・メッシュ径小区においては、フォーク状区 (30.2 %) の方が、串状区 (29.8 %) よりも平均被覆率の値は高かったが、その差は約0.4 %であった。

図-3 異なる植栽間隔における平均被覆率の経時変化 (串状区)

Fig. 3 Effect of planting intervals for the ratio of covering fences (Vertical training plot).

図-4 異なる植栽間隔における平均被覆率の経時変化 (フォーク状区)

Fig. 4 Effect of planting intervals for the ratio of covering fences (Horizontal training plot).

3.4 メッシュ径の違いによる平均被覆率の比較

メッシュ径の違いによる平均被覆率の経時変化を、図-7に示す。植栽後日数が193日の10月27日の時点までは、各試験区とも平均被覆率が増加した。

10月27日の時点で各試験区を比較すると、密植区・串状区におけるメッシュ径大区 (31.0 %) およびメッシュ径小区 (29.8 %) 間の関係を除いて、メッシュ径小区 (疎植区・フォーク状区: 10.6 %, 密植区・フォーク状区: 30.2 %, 疎植区・串状区: 17.8 %) の方がメッシュ径大区 (疎植区・フォーク状区: 7.7 %, 密植区・フォーク状区: 18.7 %, 疎植区・串状区: 10.4 %) よりも平均被覆率は高い値となった。メッシュ径小区およびメッシュ径大区間の有意差検定を行った結果、密植区・串状区においては、メッシュ径小区およびメッシュ径大区の平均被覆率に有意な差はみられなかった (Studentのt検定, $p < 0.05$)。その他の試験区については、上述の理由により有意差検定を行えなかった。

密植区・串状区においては、メッシュ径大区 (31.0 %) の方が、メッシュ径小区 (29.8 %) よりも平均被覆率は高かったが、その差は約1.2 %であった。

図-5 異なる誘引方法における平均被覆率の経時変化 (メッシュ径小区)

Fig. 5 Effect of training methods for the ratio of covering fences (Small size of a mesh plot).

図-6 異なる誘引方法における平均被覆率の経時変化 (メッシュ径大区)

Fig. 6 Effect of training methods for the ratio of covering fences (Large size of a mesh plot).

図-7 異なるメッシュ径における平均被覆率の経時変化

Fig. 7 Effect of sizes of a mesh for the ratio of covering fences.

表-1 2001年10月27日時点における各試験区の被覆率の平均値および標準偏差

Table 1 The mean and standard deviation of ratio of covering fences in each experimental plot on October 27, 2001

試験区			反復数*	被覆率 %	
植栽密度	誘引方法	メッシュ径		平均値	標準偏差
疎	串状	小	2	23.7	1.79
密	串状	小	3	29.8	8.50
疎	串状	大	2	14.0	3.16
密	串状	大	3	31.0	13.10
疎	フォーク状	小	3	10.6	0.77
密	フォーク状	小	3	30.2	10.80
疎	フォーク状	大	2	11.4	1.23
密	フォーク状	大	2	26.2	2.29
疎	フォーク状	小	3	10.6	0.77
密	フォーク状	小	3	30.2	10.80
疎	串状	小	2	23.7	1.79
密	串状	小	3	29.8	8.50
疎	フォーク状	大	2	11.4	1.23
密	フォーク状	大	2	26.2	2.29
疎	串状	大	2	14.0	3.16
密	串状	大	3	31.0	13.10
疎	フォーク状	小	3	10.6	0.77
密	フォーク状	小	3	30.2	10.80
疎	串状	小	2	23.7	1.79
密	串状	小	3	29.8	8.50
疎	フォーク状	大	2	11.4	1.23
密	フォーク状	大	2	26.2	2.29
疎	串状	大	2	14.0	3.16
密	串状	大	3	31.0	13.10

* 枯死により、データ不完全のものを欠損値として除去し、2反復のデータとして計算した。

4. 考察

4.1 実験計画の検討

実験では、外見上均一な実生苗を選択したにもかかわらず、枯死が発生し、2反復の実験区が生じたため、有意差検定を行えなかった。より正確な結果を得るためには、さらに反復数を増やして実験を行う必要があると考えられるが、試験圃場の面積確保を考慮すると、今回は3反復が限度であった。今後、より正確な情報を得るためには、より均一であると考

えられる挿し木苗を用いる必要があると思われる。

4.2 植栽間隔の違いによる平均被覆率の比較

密植区の方が疎植区よりも平均被覆率が高くなったことから、フェンスの早期被覆を目的とする場合、疎植で植栽するよりも、密植で植栽する方が有効であると考えられた。しかし、本実験では密植区の株間は25 cmであるため、植物体どうしの重なりによる平均被覆率の減少はなかったと推察される。一方、10月27日の時点で、疎植区に対する密植区の平均被覆率の倍率が1.7~3.0倍であり、密植区の供試植物は、疎植された場合とほぼ同じ成長量を示したのと考えられ、密植による成長の相乗効果はなかったと推察される。さらに、単位距離あたりの植栽本数を増加させれば、植物1株あたりの成長が促進されるかもしれないが、植栽距離の減少により植物体どうしの重なりが生じ、平均被覆率の急激な増加は期待できない。したがって、フェンスの早期被覆を目的とする場合、植物体どうしが重なり合わない程度の適切な植栽距離を保って、植栽を行う必要があると考えられた。

4.3 誘引方法の違いによる平均被覆率の比較

当初、フォーク状区では、各葉腋の芽が萌芽して分枝数が増大し、被覆率が高くなることを期待していた。しかし、密植区・メッシュ径小区におけるフォーク状区および串状区の場合を除いて、串状区の方がフォーク状区よりも平均被覆率が高くなった。

10月27日時点での密植区・メッシュ径小区における串状区(29.8%)およびフォーク状区(30.2%)の平均被覆率には、ほとんど差がみられなかったが、密植区・メッシュ径大区においては、フォーク状区(18.7%)と串状区(31.0%)間の平均被覆率の差は約12.3%となった。木本性つる植物の実生苗の大部分は、支持体に出会い、巻き付き、そして登攀するための探索シュートを伸ばすが、支持体との出会いに失敗することもある^{1,15)}。上述のメッシュ径大区・密植区におけるフォーク状区の平均被覆率が極端に低かったのは、ムベの茎の先端部が、垂直方向に伸びるフェンスの縦線材に出会い、巻き付いて登攀を始める時期が遅れたためではないかと考えられる。また、この結果は、木本性つる植物に人工的な支持体を実験的に与えることで、与えなかったときよりもより高く成長するという研究結果¹⁵⁾からも説明できるのかもしれない。さらに、支持体を探索中の探索シュートは、支持体と接触するまで、葉の展開を抑制するという研究報告²⁾もある。これらの事実と今回の実験結果から、確実なフェンスの早期被覆を目的とするなら、ムベの初期誘引は地面に対して垂直方向に行う方法が有効であると考えられる。

4.4 メッシュ径の違いによる平均被覆率の比較

密植区・フォーク状区におけるメッシュ径の大区および小区の関係を除いて、総じてメッシュ径小区の方が大区よりも平均被覆率が高くなったことから、フェンスのメッシュ径が小さい方が、フェンスの早期被覆には有効であると考えられた。

メッシュ径小区の方がメッシュ径大区よりも平均被覆率が高くなった要因としては、次の2点が考えられる。まず第1に、ムベの茎の先端部の回旋転頭運動によって描かれる楕円の曲率旋回半径および旋回時間とフェンスのメッシュ径（水平長さ）の関係である。被覆フェンスの撮影画像から判断すると、メッシュ径小区の供試植物は、垂直方向に対して直線的なだけでなく、斜め方向にも成長していたのに対して、メッシュ径大区では、垂直方向に対して直線的に成長していた。このことから、供試植物が垂直方向に対して直線的であり、なおかつ斜め方向に成長した方が、平均被覆率が高いことになる。供試植物の茎の先端部の回旋転頭運動によって描かれる楕円の曲率旋回半径を考慮すると、供試植物が一度巻き付いた支持体に再度巻き付くよりも、回旋転頭運動中に、すぐ隣の支持体に巻き付く方が時間的には短くなり、茎の伸長成長に有利に働くと考えられる。なお、ムベ属の一種の *Stauntonia latifolia* の茎の先端部が回旋転頭運動を1回転するのに要する時間は、3時間30分から3時間45分との報告¹⁾があり、大部分の木本性つる植物の回旋転頭運動が描く楕円の曲率旋回半径は、30~40 cmといわれている²⁾。しかし、今回の実験では、ムベの茎の先端部の旋回時間や曲率旋回半径は測定していないため、この点の考察は今後の研究に委ねなければならない。

第2に、ムベの縫絡および渡伸の能力とフェンスのメッシュ径（水平長）の関係である。木本性つる植物は一般的に、最適な大きさをした構造物の連続体を登攀することによって、林冠に到達できることが知られており¹⁵⁾、実験に用いた供試植物の場合、メッシュ径の水平長が短径（5.2 cm）の方が長径（10.4 cm）よりも供試植物の縫絡および渡伸の能力に効果的に作用することがわかった。

引用文献

- 1) ダーウィン C. 著・渡辺仁訳 (1991) よじのぼり植物・その運動と習性、森北出版、東京、145pp.
- 2) French, J. C. (1977) Growth relationships of leaves and internodes in viny angiosperms with different modes of attachment. *American Journal of Botany*, 64 (3) : 292-304.
- 3) Inoue, A., Okamura, A., Mizoue, N., Teraoka, Y. and Imada, M. (1996) Estimation of relative illuminance in forests using hemispherical photographs. *J. For. Plann.*, 2 : 125-129.
- 4) 近藤三雄 (1997) カラー図説つる植物による環境緑化デザイン・特性と用途、ソフトサイエンス社、東京、129pp.
- 5) 興水肇 (1998) 屋上緑化、社団法人日本造園学会編ランドスケープ体系第4巻ランドスケープと緑化、技報堂出版、東京、pp. 171-181.
- 6) Larson, K. C. (2000) Circumnutation behavior of an exotic honeysuckle vine and its native congener : influence on clonal mobility. *American Journal of Botany*, 87 (4) : 533-538.
- 7) Matista, A. A. and Silk, W. K. (1997) An electronic device for continuous, in vivo measurement of forces exerted by twining vines. *American Journal of Botany*, 84 (9) : 1164-1168.
- 8) 三宅洋一 (2000) デジタルカラー画像の解析・評価、東京大学出版会、東京、187pp.
- 9) 長田武正 (1984) 検索入門野草図鑑①つる植物の巻、保育社、大阪、206pp.
- 10) 沖中健 (1984) つる植物の造園的利用に関する研究、千葉大園学報, 34 : 165-236.
- 11) 沖中健・朴容珍 (1987) 主要な壁面登はん性つる植物の初期生長に関する研究、造園雑誌, 50 (5) : 90-95.
- 12) 沖中健・山内啓治・藤井英二郎 (1988) ナツツタの壁面付着に関する数種の条件について、造園雑誌, 51 (5) : 102-107.
- 13) 沖中健 (1998) 立面緑化、社団法人日本造園学会編ランドスケープ体系第4巻ランドスケープと緑化、技報堂出版、東京、pp. 181-189.
- 14) 朴容珍・沖中健 (1990) 壁面緑化用つる植物の登はん性と下垂における生育特性に関する基礎的研究、造園雑誌, 53 (5) : 115-120.
- 15) Putz, F. E. (1984) The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology*, 65 : 1713-1724.
- 16) Putz, F. E. and Chai, P. (1987) Ecological studies of lianas in Lambir National Park, Sarawak, Malaysia. *Journal of Ecology*, 75 : 523-531.
- 17) 齋藤武雄 (1997) ヒートアイランド灼熱化する巨大都市、講談社、東京、210pp.
- 18) Sakai, A. and Suzuki, W. (1999) Effect of support on the growth of a woody vine, *Wisteria floribunda* DC. (Leguminosae). *J. For. Res.*, 4 (2) : 183-186.
- 19) 田村道夫：アケビ科Lardizabalaceae、佐竹義輔・原寛・互理俊次・富成忠夫編 (1989) 日本の野生植物木本 I、平凡社、東京、pp. 132-133.
- 20) 田中豊・垂水共之・脇本和昌・辻谷将明 (1984) パソコン統計解析ハンドブック II 多変量解析編、共立出版、東京、pp. 112-137.
- 21) 山本一清 (1997) LIA32 for Windows95. (<http://hp.vector.co.jp/authors/VA008416/index.html>)
- 22) Yamamoto, K. (1998) A simple method for evaluating fine-scale variation of chlorophyll concentration within a leaf. *Res. Bull. Niigata Univ. For.*, 31 : 41-48.
- 23) Yamamoto, K. (2000) Estimation of the canopy-gap size using two photographs taken at different heights. *Ecological Research*, 15 : 203-208.

(2002.6.30受理)