

オオイタビの付着に関する基礎的研究

冲中 健・山内 幸・朴 容珍

(緑化植物学研究室)

Fundamental Study on Adhesive Conditions of Creeping Fig

Takeshi OKINAKA, Kō YAMAUCHI and Yonjin PAKU

(Laboratory of Botany for Landscaping)

ABSTRACT

An experiment was done to determine what factors influence the adhesion of the Creeping Fig (*Ficus pumila* L.). Wooden walls were set up in the field and indoor. Two conditions of sunlight and humidity were used both in the field and indoor. The experiment showed that stronger adhesive force was found under the conditions of full sunlight, high moisture, rough wall surface and thick plant stem than under shade, low moisture, smooth wall surface and thin stem.

1. はじめに

近年我国では、住環境の緑化が強く叫ばれるようになってきた。しかし我国のように、山地が多く平野部の狭いところに多くの人々が集中して住んでいる所では、土地造成のための擁壁、屋外空間分離の塀、建物の壁面等多くの大きな壁面が目立つこととなる。住環境の緑化のためには、まずこれらの壁面の緑化が問題となってくる。狭い空地に立脚した壁面緑化には、つる植物を用いて壁面を直接緑化することが、最も理にかなった手法といつてよいだろう。

我国における壁面緑化用つる植物では、伸展力の大きさ・付着力の強さ・美しさからナツヅタ (*Parthenocissus tricuspidata* Planch.) がまず挙げられるが、常緑樹としては付着力の強さ・伸展力の大きさ等から、東京以南においてはオオイタビ (*Ficus pumila* L.) がまず候補にあげられよう。オオイタビはその長い進化の歴史のなかで、大樹や岩壁を登はんし下降することによって樹葉に陽光を受け、光合成を営んできたはずである。しかし我々の生活環境を構成する壁面は、木材・コンクリート・ガラス・プラスチック・金属等と種類が多く、またその表面仕上げにも種々の物が見られる。更に被覆を望む壁面とともに、被覆を拒否する壁面も多く存在する。したがって、オオイタビによる壁面緑化のためには、その壁面付着の機作の解明がまず急がれることとなろう。

2. 研究方法

オオイタビは、つるの節からでる付着根によって他物

に付着するので、その付着根の付着の機作について、実用に向けての実験を行なった。

(1) 実験場所

付着性に関する実験は、ほとんど千葉大学園芸学部の実験圃場で行なったが、付着素材の湿度に関する実験は同園芸学部の研究室内で行なった。その他付着力の計測、走査電子顕微鏡・光学顕微鏡による観察も同園芸学部の研究室で行なった。

(2) 実験期間

育成中のオオイタビによる付着性の実験は 1989 年 4 月から 11 月にかけて、付着力の計測は同 12 月に、他は同 4 月から 12 月の間に適宜行なった。

(3) 実験方法

(a) 圃場実験

実験圃場に配置した、高さ 180 cm 幅 120 cm の杉板塀 8 枚とコンクリートブロック塀 2 枚を利用し、その両側にオオイタビを植栽して塀面に登はんさせた。それぞれの塀は、両面が南と北に面し、その気象条件がほぼ同一となるように配置されたものである。ちなみにオオイタビの植栽に際しては、OH ブレンド堆肥を土量の 1/5 量施用して健全な生育を計った。またコンクリートブロック面にはモルタルを塗布し、杉板面には 9 cm×9 cm に切断した各種の構築素材板をビス止めし、この上にオオイタビを誘引して付着実験を行なった。構築素材板は、スリガラス・滑面ガラス・塩化ビニール (白・黒)・ステンレス・アルミニウム・銅の 7 種類である。なお塩化ビニール板の表面は、A 100 の布やすりを 2 kg/cm² の圧力のもとに、直角方向にそれぞれ 20 回往復させて粗面とし、その裏面に白色あるいは黒色のペイントを吹き付けたものである。

(b) 室内育成実験

付着素材の乾湿に対する実験は、南面する実験室の窓際に圃場実験と同様の杉板塀を設置し、その面にスプレーで水の噴霧をすることによって湿区を作った。ちなみにオオイタビは、プランターに植栽したものを塀の下に置いた。

(c) 付着力の計測

オオイタビの付着根は、つるの節を中心とした部分に発生する。ほぼオオイタビの伸長の終わった12月上旬に、葉を除去したつるを節を中心に約2cmの長さに切断し、これにナイロン糸或るいは釣針を改造したフックを掛けて、バネばかりを組み込んだ装置を用いて板に垂直な方向の力をくわえ、付着根が付着素材面から離れる瞬間の力を読み取って付着力とした。バネばかりは100g・500g・2kg用のものを付着力の強さに応じて使い分けて、計測精度の向上を計った。

(d) その他の計測

オオイタビの成長量を示すものとしての、節間長は物差しを用いて、節径は最も太い部分をノギスを用いて、葉面積はつるから切り離した葉を葉面積計を用いて計測した。また重力の方向に対応し、日照条件によって変化する枝の伸長角度は、杉板面上に仮定した水平線を基準としてこれから上を正、下を負とし、分度器によって測定して0-30°・30-60°・60-90°の三つに区分した。

3. 実験結果及び考察

種々の構築物の素材面に対するオオイタビの付着性について、筆者の現在までの野外調査の結果を要約すると、次の様になる。

オオイタビは付着性の良好な素材面には、ほとんど全部の節の付着根でしっかりと付着を行なう。しかし付着性の良くない素材面には、付着を行なう節の数が減少し、軽く接触しているに過ぎない節が増加してくる。更に付着性の不良な素材面には、付着根が一度接触してもすぐ離れてしまったり、一度も接触しない付着根も多くなってくる。

オオイタビの付着に対する以上のような基本的性質を踏まえて、その付着力と主要形態との相関についての実験によって、次のような結果をえた。

(1) つるの節径・生育方位・伸長角度と付着力

オオイタビの成長量を示すものとしての節径・節間長・葉面積は、いずれも付着力と正の相関を示した。そのうち最も端的な相関を示す節径と、生育条件において対照的な位置にある杉板塀の南北の方位と、生活型を表すものとしての伸長角度を、付着力との関係の下に取り

上げて見よう。

圃場実験によるオオイタビを、ほぼ成長の停止した12月初旬に、柱に止めたビスを外して杉板と共に実験室に搬入し、節径及びつるの伸長角度を測定したのち、一節毎の付着力の計測を行なった。その実験結果を示すものが表1である。これから杉板を始め種々の素材の、いずれも南面の付着性や付着力が北面のそれよりも大きいことが分かる。オオイタビは暖地を好むと共に陽樹であるから、杉板の南面のものの活力が大きくなり、従ってその付着力も強くなったものと思われる。ちなみにポット苗を用いた植栽当年樹の実験では、根がまだ土壌の浅部に留まっているし、幼苗は陰樹の傾向を持っているので、夏期の強い直射日光とこれによる高温・乾燥によって、杉板塀の南面のものの活力が北面のそれより劣ることが多い。しかし当実験は、植栽後一年を経過した2年生の供試樹でスタートしたため、根は深く入り陰性も軽減していたので上のような傾向は少なく、むしろ南面の活力が強く、従って付着力も大きくなったものと思われる。

圃場実験において、杉板面に付着したものの平均節径は南・北面でそれぞれ2.25mmと1.95mmとなっている。そこで節径を2mm以下と2.1mm以上に区分して、節径の大小と杉板塀の南北の2要因の、付着力に関する分散分析を行なったものが表2である。これから、節径

表1 付着素材面の性質とオオイタビの付着

付着素材	木材	セラミック		高分子化合物		金属	
		セメント		プラスチック		薄板	
		モルタル	コンクリートブロック	塩化ビニール	表面粗面 裏面ベインツ	ステンレス	アルミニウム
表面性質 付着性	杉板	○	○	△	×	○	△
表 面 性 質	粗さ	○	○	△	×	○	△
最高表面温度 (°C)	南	46	47	44	51	45	50
付着性	南	◎	○	△	×	○	×
平均付着力 (g)	南	453	208	180	+	0	109
付着性	北	372	185	100	+	0	25

注：粗さ：○・△・×：細隙多く光沢なし・ざらつきあり光沢なし・滑らか光沢あり
 熱伝導度：○・△・×：10⁰~10¹・10⁻³~(w/m・k)
 電気伝導度：○・×：10⁰~10¹~³~(Ω・m)
 吸湿性：○・△・×：有り・殆ど無し・無し
 付着性：◎・○・△・×：-80・80-50・50-20・20-(%)
 (付着性とは11月下旬に着していた節の百分率、+は付着していたが力が弱く測定不可能なもの)

と方位はオオイタビの付着力に大きな影響を与えること、なかでも節径の影響の大きいことが分かる。

次に、圃場実験と室内実験における、つるの伸長角度毎の節径と付着力の相関を示すものが図1と図2である。両図の比較のみによっても、付着力に影響を与えているのはやはり節径であり、伸長角度はほとんど影響を与えないことが分かる。すなわち節径・生育方位・伸長角度のうち、付着力と最も相関の強いものは節径であり、次に南北の方位であり、つるの伸長角度はほとんど相関を持ってはいないということである。

またオオイタビはマイナスの角度においても強い付着性を示すように、下降するつるにも強い付着力を持っていることがわかる。付着によって登はんするつる植物は、強い付着力をもつナツツタ¹⁾³⁾を始めそのほとんどのものが、登はんするつるには付着力を持っていても、下降するつるは付着力を失ってしまうことを考えると、こ

れは貴重な性質とすることができよう。

(2) 付着素材面の条件と付着性

(a) 付着素材面の粗さ

表1から分かるように、杉板・モルタル・コンクリートブロック等の表面の粗い素材には強い力で付着するが、表面の滑らかなガラス・金属類には付着しないことが分かる。布やすりで表面を軽く荒らした塩化ビニール板には、両者の中間的な付着性が見られるが、これは表面の粗さが付着性の強いグループより一段と小さいためと思われる。スリガラスには、計測が不可能なほど弱い付着しか出来なかったのは、更に表面の粗さが小さいためと思われる。このことは、写真1と2からも観察できるといえよう。

更に走査型電子顕微鏡と光学顕微鏡によって、オオイタビの付着根は、主根から発生する直径約0.2 mmの細根から直径約3 μ mの無数の根毛を出すことが観察された(写真3.4)。そして細胞の染色操作によって、少量ではあるが根毛からペクチン質の浸出液を出すことも認めら

表2 杉板塀に対する付着力の分散分析表

因 子	平方和	自由度	不偏分散	分散比
全 体	12410200	275		
南 北	371067	1	371067.000	29.348**
節 径	8596610	1	8596610.000	679.914**
交互作用	3490	1	3489.500	0.276
残 差	3439080	272	12643.700	

** 水準0.01で有意

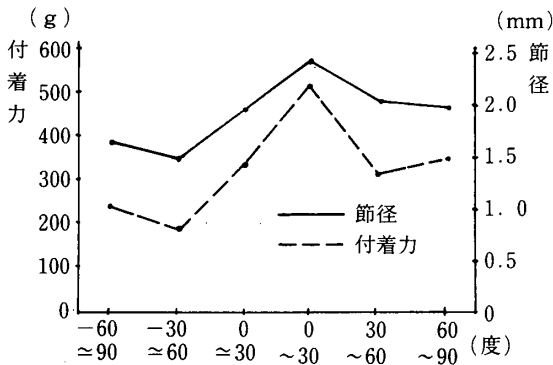


図1 伸長角度別の平均節径と平均付着力(圃場実験)

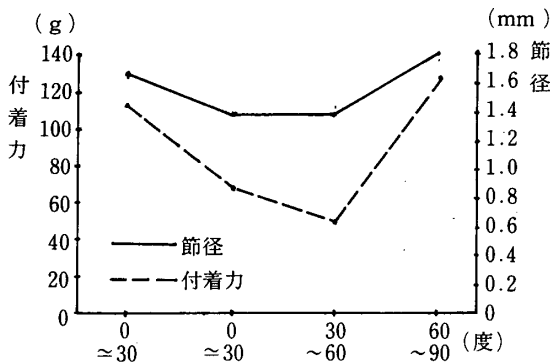


図2 伸長角度別の平均節径と平均付着力(室内実験)

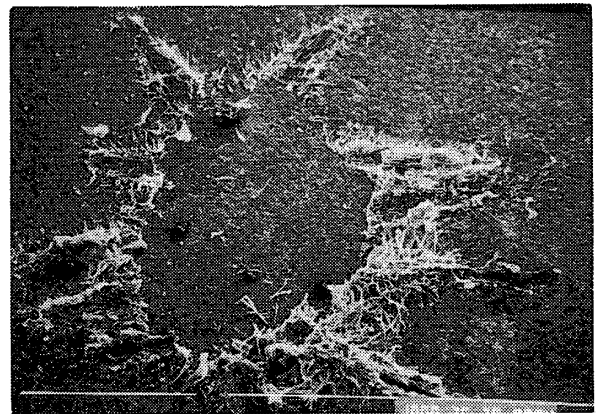


写真1 スリガラス面から付着根を剥がした状態。周辺部の細根の跡と多くの根毛が残っている(×15)

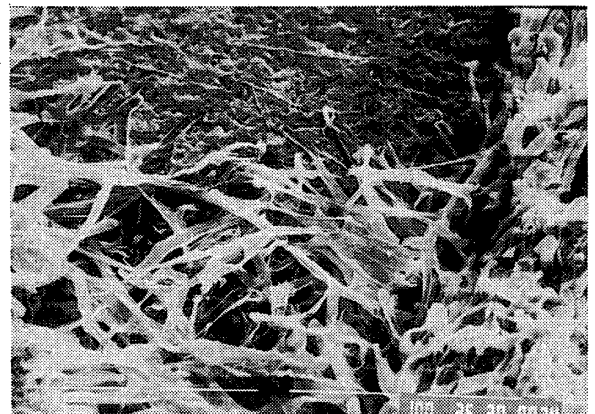


写真2 スリガラスの細かい凹部と根毛の付着状態(×130)

れた。一般に接着の際に働く力は、機械的な力としての投錨効果やファスナー効果、接近した原子や分子の間に働くファンデルワールス力、接触による静電気力、化学反応による力等が考えられる⁵⁾。オオイタビの付着に際しても、これに類する力の働きによって、種々の素材面に付着を行なうものと考えて良いだろう。

杉板・モルタル・コンクリートブロック等の粗い素材面に、主根・細根或いは根毛が入込んで、投錨効果やファスナー効果を発揮し得るような大きさの凹部が多くあれば、強い付着力が生じるものと思われる。さらに根毛からの浸出液が、同じ効果を発揮できる隙間が多くあれば、これも大きな付着力を生み出し得るものといつて良いだろう。そして現実には此等の総合力が大きく働いたため、杉板・モルタル・コンクリートブロックの面には強い付着力が生じたものといつて良いだろう。また布やすりを掛けた塩化ビニール板には、このような凹部がそんなに多くは存在しなかったことを写真5から見て取れよう。またスリガラス面の凹部は、角の円やかな小さい物であるため、此等の投錨効果やファスナー効果がほとん

ど発揮できなかったものと思われる(写真1)。その表面が更に滑らかな滑面ガラス・ステンレス・アルミニウム・銅では、此等の凹部がほとんど存在しないため、付着力が生じなかったものと推測できよう。

(b) 付着素材面の湿度

乾湿に関する室内実験の結果、噴霧器で水を散布した湿区の方が、無処理の乾区よりその付着力が大きい結果が示された(表3)。付着根も根の一種であるから、水分の多い付着面から水を十分吸収して活力を増し、その付着力を増大したものと思われる。また表1において、吸湿性の良い素材面での付着力が、吸湿性の良くない素材面のそれを上回っていることも、付着素材面における水分の存在が、幾分付着に良好な影響を与えたものと言つて良いだろう。

(c) 付着素材面の温度

塩化ビニール板の裏面に、白あるいは黒のペイントを吹き付けた素材面での付着力は、表1に見られるとおりである。結果及び考察の(1)でも述べたように、オオイタビは杉板塀の南面の総合環境の下においては北面におけるより大きな活力を持ち、そのことが南面での強い付着力をもたらしたようである。杉板塀の南北両面の総合環境の中から付着素材面の温度条件のみを取り出し、それに支配される付着力を比較することは、表4の交互作用の不偏分散比の大きいことから不可能に近いことが分

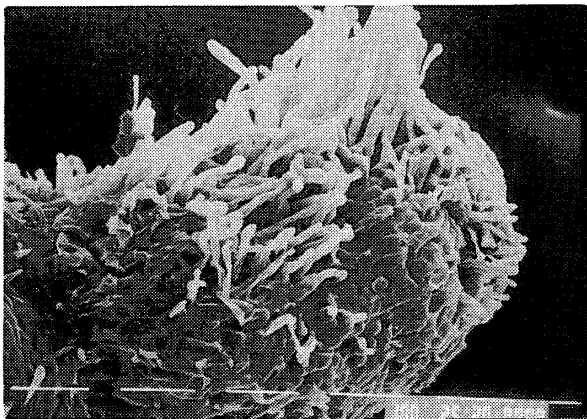


写真3 細根の先端と、そこから出た根毛(×100)

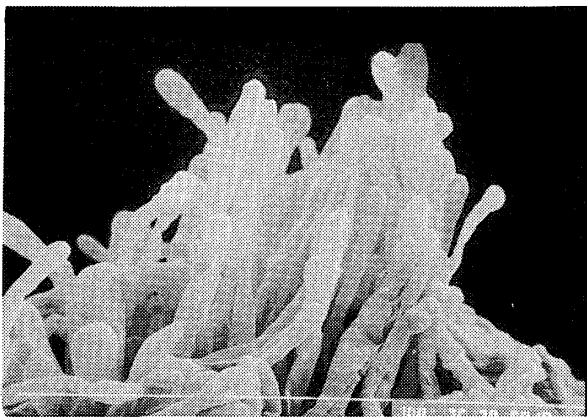


写真4 根毛の発生状態(×250)

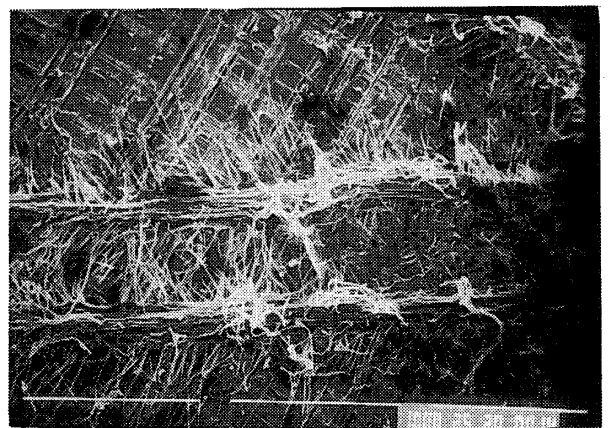


写真5 布やすりで荒した塩化ビニール板に付着した細根と根毛。根毛は主として先端で付着している。(×20)

表3 付着素材面の湿度と付着力

付着力	平均付着力(g)	不偏分散	t。
湿润区	99.3	13339.58	*
乾燥区	72.6	9714.71	1.96

* 水準 0.05で有意

かる。しかしまた表4から、表面温度の異なる白黒の分散比の小さいことから、日常経験する温度帯のなかでは、付着面の温度にオオイタビの付着性が大きく左右されることは無いと言えそうである。

(d) 付着素材面の化学性

一般にセメントの混入によって作られる物は、加水された直後にはpHが14に近い強アルカリ性を示すが、年月を経るに従って中性に近付いていくことが知られている。実験に用いたコンクリートブロックは、製造されてから約20年を経たものであり、一方モルタルは、オオイタビの付着寸前に塗られたものである。従ってモルタルの方が、格段に強いアルカリ性を示したはずである。しかし付着力もモルタルの方が強い結果となっているので、このことから、乾燥した素材面での強いアルカリ性は、付着力に大きな影響を与えないことが推測される(写真6)。またステンレスは同じ金属のアルミニウムや銅に比較して、化学的に格段と安定性が強いはずであるが、表1からその付着性は他の二者に比較して何ら変わらないことがわかる。このことから、付着素材面の化学的な安定性は付着性に大きな影響を与えないことが推測される。

(e) 付着素材面の電気伝導度

表1より、電気伝導度の良くない滑面ガラスも、伝導度の良いステンレス・アルミニウム・銅等の金属類も、同様に付着性は良くないものとなっている。この事から

付着素材面の電気伝導度は、付着性に大きな影響を与えないことが推測される。

(f) 付着素材面の強度

実験圃場のコンクリートブロックは、作られてから約20年野晒しとなっているので、その表面の劣化がみられ、また土埃を被っている。そこで付着力の測定の際にも、付着根それ自体が剥がれるのではなく、劣化した表面の一部や土埃を付着根に付けたまま剥がれるものも多かった。これは付着根の付着力より付着素材面の強度が弱いためであり、このような素材部分においては、あまり強い付着をすることは出来ない(写真7)。これと同様のことは、劣化したペイント塗装面においてもしばしば見られる現象である。

(g) その他

オオイタビの付着根は、付着性の良い素材面に接触すると、良く発達してほとんど全部が付着するが、付着性の良くない素材面に接触すると発達が良くなり、またほとんどのものが付着せずに素材面から遊離する。そこで、付着性の良くないため、付着力の計測が不可能であった素材面の付着根を採取して重さを計り、その結果を図3に示した。これから、付着力の計測が出来ない付着素材面の付着性の差を、読み取ることが出来よう。右端の銅の付着根重が特に小さいのは、銅板の表面に発生した緑青の毒性によって、付着根が損われたためである。この現象は、付着素材面の化学性によるものと言うことも出来よう。

表4 塩化ビニール粗面板に対する付着力の分散分析表

因子	平方和	自由度	不偏分散	分散比
全	489169.0	179		
体	14382.7	1	14382.700	6.137*
南北	3854.9	1	3854.940	1.645
交互作用	58427.8	1	58427.800	24.929**
残差	412504.0	176	2843.770	

** 水準0.01で有意 * 水準0.05で有意

4. 総合考察

今回の実験によって、オオイタビの付着について以下

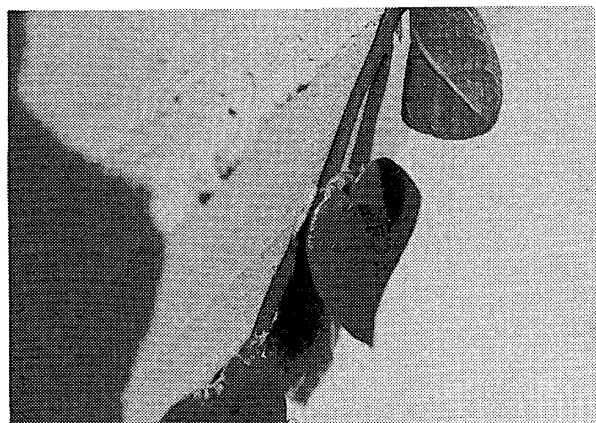


写真6 塗布直後のモルタル面に付着したオオイタビ (×1/2)



写真7 古いコンクリートブロック面から、広い面積で剥がれたオオイタビ。付着根には老化によって剥離したブロックの細片が付いている。(×1/3)

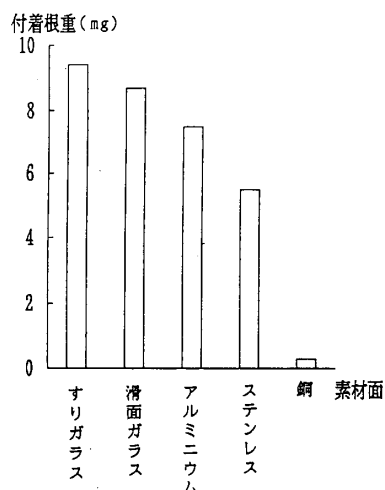


図3 平滑な素材面での平均付着根重

に示すような1部の推測を交えた知見を得た。即ち、オオイタビは幼苗期を除いては陽性を示し、強い陽光の下において盛んな生育を遂げ、その付着力も強いものとなる。そして長い進化の過程において、樹や岩壁の登はんや下降を行って陽光を求めて来たため、登はん時においても下降時においても良く生育し、そして強い付着を行なう。また活力の強い太い節からは、盛んに付着根を出して強い付着を行なう。

その付着根は、主根から出る直径約0.2 mmの細根から直径約3 μ mの多くの根毛を発生し、根毛はペクチン質の液をしん出する。しかしそのしん出液は、量が少ないためもあってか、下記以外の接着力はほとんど持たない。つまりオオイタビの付着力の強さは、主根・細根・根毛・根毛からのしん出液が入込んで、投錨効果やファスナー効果による接着作用を発揮し得るような、付着素材面上の種々の大きさの凹所の数によって支配されることとなる。

また付着根も根の一種であるから、吸湿性の高い素材面では、その水分によって良好な付着性を発揮し得る。そして付着面上の熱や電気の伝導性や化学的性質は、オオイタビの付着性にあまり大きな影響を与えない。

5. おわりに

オオイタビは、東京以南の暖地の常緑性壁面緑化樹として貴重なものである。本研究は、そのオオイタビの壁面付着に関する初歩的な解明を試みたものである。オオイタビについて、またその他のつる植物について、都市の緑化にとっての必要な知識はまだ多く未開のまま残されている。それらの解明の急がれる次第である。

摘 要

温暖地の壁面緑化用つる植物として重要なオオイタビについて、その壁面の被覆にとって大切な付着性についての実験をおこなった。その結果、日向・高い温度・粗い付着壁面・オオイタビの太いつるの方が、日陰・低い温度・平滑な付着面・細いつるより、より強い付着力を得られることがわかった。

参考文献

- 1) 冲中 健・武藤伸一(1984)：ナツツタの壁面付着に関する研究：千葉大園学報, 36, 141-148.
- 2) 冲中 健 他(1987)：ナツツタの初期成長に関する研究, 千葉大園学報, 38, 87-92.
- 3) 冲中 健 他(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, 102-107.
- 4) 冲中 健 他(1991)：種々の粗さの壁面に対するナツツタ吸盤の付着, 千葉大園学報, 44, 245-254.
- 5) 小野昌孝 他(1989)：接着と接着剤, 日本規格協会