

1.1 挿し木について

挿し木は、日本では、昔から行われてきている伝統的な技芸である。記録に残っている文献でも「けんきょうるいてんしょう憲教類典抄」1611年（慶長16年）、「かだんこうもく花壇綱目」1681年（天和1年）、「かふ家譜」1694年（元禄7年）、「農業全書」1696年（元禄9年）など、17世紀初めのものが何冊もある。江戸時代に書かれた文献が多いが、これだけ文献の数が多いことから、それ以前の時代からすでに各地で挿し木の技術は伝承されてきていたことが想像される。手先の器用な日本人にとっては、挿し木はまさにお家芸の手法であったのだろう。

欧米においても、挿し木技術はもちろん開発されてきている。昆虫記で有名なアンリ・ファーブル（1823 - 1915）も、「植物記」（原題は「薪の話」1867年）の中で、挿し木について記述をしており、フランスやヨーロッパにおいても、民間でやはり挿し木の方法は受け継がれていたことがうかがえる。「植物記」では、昆虫をながめるのと同様、ファーブルらしい視点で植物を愛でた文章が書かれている。例えば、『植物でも人間と同じで、意志の弱い性格のほうが、そうでない者より運命の逆転にうまくしたがうものである』といった記述がある（日高敏隆・林瑞枝 訳 ファーブル植物記 平凡社 1984年）。この植物の擬人化からは、ファーブルの人柄もうかがえよう。

さて、挿し木の特徴は、親木の枝葉を切り取り、床土に挿しつけて発根をさせ、新たな個体を作るという簡便な繁殖法である。親の形質をそのまま受け継ぐクローン生産であり、種子の豊凶などに左右されず、また種子からの発芽を待たずとも新たな個体を促成そくせいで得ることができる方法だ。特別で貴重な親木の種の保存に便利であることなどが挿し木の大きな利点である。

日本人にとって、お家芸であった挿し木は、今日まで様々な樹種が試されてきている。代表的な造林樹種のスギ、ヒノキをはじめ、針葉樹、広葉樹ともに様々な樹種の挿し木養成方法が明らかになっている。盆栽で代表的なサツキ、ツツジなどの数多くの品種も、挿し木の技術によって伝承されてきたのである。21世紀の現代において、もはや挿し木の分野では研究することなどなくなってしまったかのように思われがちだが、決してそんなことはない。今日であっても、挿し木研究はいまだに続けられているのである。

例えば、挿し木を行うことが困難な樹種がある。これまで様々な樹種の挿し木養成方法が明らかになると同時に、挿し木を行うことが困難な樹種、挿しつけても発根がしにくい樹種なども明らかになってきた。この点において、挿し木は、どの樹種にも使えるオールマイティ

の手法ではないのである。例えば、針葉樹のマツや、広葉樹のブナ科の樹木などは、スギやヒノキ、ヤナギ類などのようには容易に発根をしない。海岸林のクロマツをはじめ、マツ科の樹木の挿し木研究も行われているものの、いまだにその発根率と活着率（その土地に根づき、生存する確率）は低く、不安定である。また、ブナ科の樹木と言えば、コナラ、ミズナラ、クヌギ、クリをはじめ、シイ類、カシ類など多くの有用広葉樹を含み、代表的な薪炭材として、現在では家具材、器具材、またキノコ原木としても用いられる重要な樹種が多い。けれども、そのブナ科の樹木の発根率、活着率を飛躍的に促進する挿し木技術は現在でも編み出されていない。これは、森林、林業界における大きな未解決問題の一つであるとも言える。



(左：ムラサキシキブ 右：ヒノキ)

写真 1.1 挿し木のいろいろ

1.2 造林学研究室における挿し木研究

現在、私自身もまた、様々な挿し木の手法の開発に取り組んでいる。そもそも私が所属している東京農業大学の造林学研究室は、この挿し木研究の一大根拠地であった。私が農大に入学、同時に造林研に入室したのは、1983年（昭和58年）の4月。森林種苗学をご専門とされる右田一雄教授（1925 - 2004）のご指導のもと、一年次より挿し木の薫陶を受けた。今ではスギと言えば、花粉症を即座に連想し、その存在は都市部ではすっかり忌み嫌われる対象となってしまったが、私が学生時代の1980年代前半は、花粉症の名称はまだマイナーであり、研究室では様々なスギ、ヒノキ品種の挿し木苗養成に取り組み、苗圃も校舎のベランダも挿し木苗でいっぱいであった。親木の品種だけでなく、樹齡、採穂部位^{さいほ}など、様々な条件から、伸長生長、雄花や雌花の花芽分化^{かがぶんか}など、挿し木苗の生長特性の研究が取り組まれていた。

また、毎年秋に行われる農大恒例の最大行事「収穫祭」の学術発表では、私たちの学年では全国各地のスギ、ヒノキ、マツの品種を集め、会場で展示した。各地に実に様々な形態の



写真 1.2 挿し木苗が所狭しと並ぶ、かつての造林学研究室の苗畑（1985年撮影）



（農大収穫祭での造林学研究室の展示 1985年）
写真 1.3 全国各地から集めたスギ、ヒノキ、マツの品種とその苗木の実物展示

品種が点在しており、その品種づくりと保存にも挿し木が使われていたことをその時、あらためて知ったのだった。長野県出身の私は、長野県の品種を集めてくるのが夏休みの課題の一つであった。地元の長野営林局をたずねると、早速、局の苗圃から、クマスギ、キリウエマツの2樹種の苗木をいただくことができた。「お代は？」ときくと、「勉強のためですから、無料で結構です」と職員の方があたたかく即答してくださったことは、今思い出しても心温まる情景だ。

1.3 こんなことはどうだろうか？－様々な挿し木手法のころみ－

話をふたたび現在に戻そう。

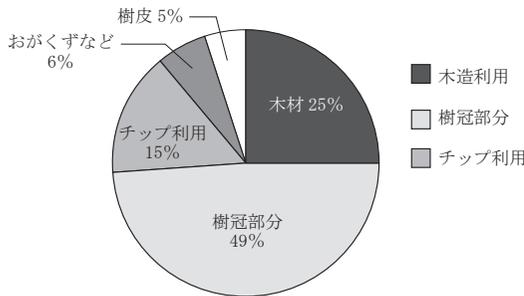
今日でも、いまなお挿し木の困難な樹種があり、現在でもその研究が継続されている。例えば、発根の難しい樹種であっても、挿しつけ後の水分管理や温度管理、また発根促進ホルモンの施用によって、発根率を少しずつ向上できることが報告され、考えられてきている。様々な手法の創案とともに、設備の開発、投資も行われている。水分管理では自動散水装置、温度管理では人工気象装置の付いた温室などがすでに開発され、それらは、公的研究所などを中心に整備されてきた。

しかしながら、私の研究室では大規模な施設、設備、装置は持ちあわせてはいない。いわばクラシックな育苗環境^{いくびょう}のもとでの調査研究をいまなお行っているのである。大々的な設備投資による研究はできないが「コロンブスの卵」的なアイデアから課題にアプローチをしていく。「こんな方法はどうだろうか？」「こんなことも試してみようか」というスタイルだ。このスタイルは、挿し木研究だけでなく、私のほかの調査研究でも同様である。

ころみ その1 芳香水を施用した挿し木苗の養成

それでは、ここから挿し木苗養成にまつわる、私のころみの事例をいくつか紹介したい。私の挿し木研究で思い浮かんだ最初のアイデアは、林地残材である。図1.1は、スギやヒ

ノキの伐倒した立木の利用割合のグラフである。建築材などの用材に利用されるのは25%、木質チップとして利用されるのが15%であり、約半分は樹冠（樹木の上部を形成する枝葉の部分。英語ではcrown、ドイツ語ではKroneと呼ばれる）の枝葉が占め、これらの枝葉はすべて林地の残材となるのである。長い目で見れば、林床に落ちた枝葉は有機物から無機物になり、再び樹木に吸収されていく養分の循環に取り込まれていく。しかし、その分解には時間がかかる。養分吸収サイクル以外でも何かに利用できることがあるのでは？と誰しもが考えるところであろう。



(スギ、ヒノキ)

図 1.1 伐倒した立木の利用割合

写真 1.4 林地の残材となる枝葉



そこで、私はこの枝葉からアロマウォーター（芳香水）を作る研究にも取り組んでいる。芳香水を作る方法は簡単だ。枝葉を切り刻み、一定量をビーカーに入れる。ビーカーには少々の蒸留水も入れ、アルミホイルでふたをする。そのビーカーをトレイに乗せ、トレイには水を満たし、ガスコンロの上で煮出す。20～30分もすれば、ヒノキの芳香のアロマウォーターを作ることができる。この芳香水作りを農大の社会人講座などでも毎年行っているが、様々な樹木の香りを取り出すことは、都市部であっても、山間部地域の講座であっても、意外なほど受講生に喜ばれる。自然の香りは、それが例えありふれたものであっても、実に大きな力を持っていることがうかがえる。

しかし、私はこの芳香水を挿し木苗に施用してみることを、ある時にふと思いついた。樹木の精油などの成分が溶け込んだ芳香水には、抗菌作用を持つものがあることが以前より知られている。それでは、挿し木の発根率、または活着率に芳香水はどのような効果をもたら



写真 1.5 林地残材のヒノキの枝葉から、芳香水を作る流れ

すだろうか？もしかしたら、挿し床の菌をある程度抑制する、あるいは単純に芳香水の成分が挿し木苗の生長を促進するかも知れない。

そこで、早速、実験を行ってみた。供試材料（実験に用いる材料）には、農大構内から採^{さいほ}捕（枝を切り採ること）したポプラ、イチヨウの挿し木苗を使い、挿しつけ床には、通常の挿し木の養成に使われる鹿沼土^{かぬまつち}を使った（写真 1.6）。鹿沼土は、普通の園芸土よりも腐朽菌が少なく、また粒状であるため、保水性も通水性も良く、栃木県の鹿沼地方で主に産出されることからその名がついている。この鹿沼土を使って、イチヨウの挿し木苗には、イチヨウ、クスノキ、サワラの三つの樹木の枝葉から採った芳香水を、ポプラの挿し木苗には、ポプラ、クスノキ、サワラの枝葉から作った芳香水を定期的に与え、通常の水



写真 1.6 挿し木の床土（養成する土）に使う鹿沼土



各挿し木の長さは、20 cm、挿しつけの深さは 5 cm 前後である。

写真 1.7 鹿沼土に挿しつけた各挿し木

表 1.1 各挿し木の活着率

挿し穂の樹種	対照区水道水のみ	同樹種の芳香水の施用	クスノキの芳香水の施用	サワラの芳香水の施用
イチヨウ	100%	100%	100%	95%
ポプラ	100%	100%	90%	90%

道水を施した対象区との生長比較も行ってみた。供試木は各 20 本ずつである。

表 1.1 は、その各挿し木の活着率を示したものである。この活着とは、挿し木の切り口から発根が見られ、しっかりと床土に苗が根付き、生育することを示す言葉だ。その活着率は最低でも 90% の値を示し、まずまずの成績であった。

それでは、まずイチヨウの挿し木の結果から報告してみよう。挿し木のカルス形成率の違いを図 1.2 に示す。カルスとは癒合組織のことであり、挿し木の切り口に発達して形成されるコブ状の組織のことだ。人間でいえば、さしずめ傷口に



写真 1.8 挿し木の切り口に形成されたカルス

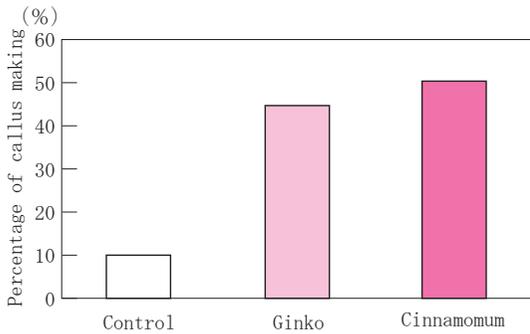
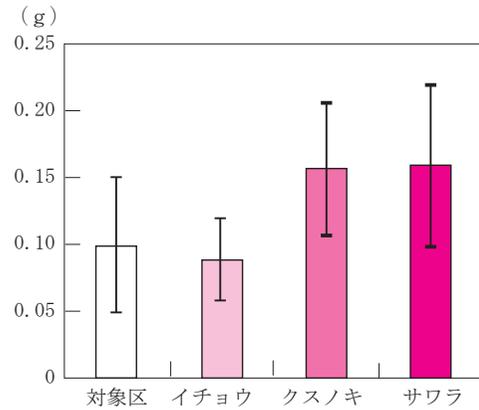


図 1.2 イチョウの挿し木のカルス形成率 (%)



(* p < 0.01)

図 1.3 イチョウの挿し木の発根量 (g)

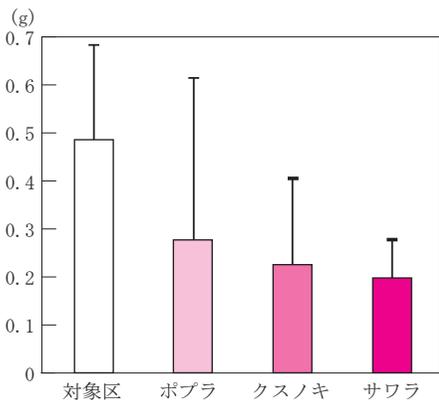


図 1.4 ポプラの挿し木の発根量 (g)

できるかさぶたのようなものである。

このカルスが、通常の水道水を与えた挿し木では10%程度の形成率であったが、イチョウの芳香水を施用した挿し木では45%、クスノキの芳香水を施用した挿し木では50%と高い形成率がみられた。また、サワラの芳香水を与えた挿し木にはカルスは形成されなかった。これらの結果から、芳香水が癒合組織の形成に何らかの働きかけを及ぼしている可能性が考えられる。

次に、イチョウの挿し木の発根量（根の重量）の違いを図1.3に示す。

イチョウに、イチョウの芳香水を与えた挿し木の発根量は対照区よりもやや少なかったが、クスノキ、サワラの芳香水を与えた挿し木からは対照区と比べて有意に多い発根量が認められた (p < 0.01)。これらのことから単純に早合点することは厳禁であるが、芳香水は、その樹種と、組み合わせの相性によって、発根を抑制したり、あるいは促進したりする可能性があることがひとまずうかがえる。

次に、ポプラの挿し木の結果である。ポプラの挿し木の発根量（根の重量）の違いを図1.4に示す。

こちらは、イチョウの挿し木とは正反対の結果となった。芳香水を与えた挿し木の発根量は、水道水を与えたものよりも少なかった。つまり発根を抑制される結果がここでは示されたのである。

以上の簡易実験の結果から、樹種別に、また芳香水との組み合わせの相性も含めて、樹木の枝葉から作る芳香水には、生長促進、または生長抑制の二つの作用があるよううかがえた。植物ホルモンのオーキシンなどでは、ある濃度までは生長を促進するものの、ある濃度を超えると逆に抑制に働くことが知られている。そうした濃度の境界値が、この芳香水に含まれる物質にもあるのかも知れない。いずれ

にしても、芳香水は挿し木の生長を左右する可能性を持っていることは示唆されたと言えようか。

私はこのほかにもこれまで様々な樹種の芳香水を使って、挿し木に施用し、その生長特性を実験している。実験をしていると、時に意外な樹木から生長促進の効果が見つかることがある。例えば、常緑広葉樹のアオキ（アオキ科）である。アオキは、間伐などの森林保育作業の行き届かなくなった、暗いスギ、ヒノキ人工林の林床などによく見られる樹木である。強い陰樹であり、葉肉が厚く、大きな葉は、林床に挿しこむ日光が乏しい場所でも、その厚い葉肉内で取り入れた光を何度も反射させ、光合成を有効に行うことができるようになっている。また、その葉には、皮膚の炎症を和らげる物質も含まれており、やけどの際の民間治療にも用いられてきた。静岡では、アオキの葉からお茶も作られており、常緑樹であることから、生け花の材料にも年間を通して使われている。冬期間は、ほかに目ぼしい緑の葉がないことから、野生のシカの食糧源の一つにもなる。そのアオキの葉から作った芳香水には、スギの挿し木の生長を促進する働きが認められた。これは、実に意外なことであった。意外な樹種に、意外な効果があることを見つけること、それはこうした研究の醍醐味であると言える。余談であるが、我々の社会の人材面でも、同様のことが言える。思わぬ人材が時に思わぬ効力を発揮することがある。



写真 1.9 暗い林床でよく見られるアオキ

こころみ その2 床土に木炭を施用した挿し木苗の養成

では次に、挿し木を行う土に着目してみよう。

挿し木と言えば、挿し木を挿しつけるその床土として、一般に鹿沼土とこつちが用いられている（写



鹿沼土で育成中の挿し木苗



市販されている鹿沼土

写真 1.10



左からカラマツ炭、ナラ炭、オガ炭
 写真 1.11 実験に用いた木炭

真 1.10)。鹿沼土は、栃木県鹿沼地方の特産であることは前述した。

値段もさほど高価なものではなく、ホームセンターなどで気軽に買うことができる。

しかし、その鹿沼土を使わずとも、身近な空き地の土などのごく普通の土を使っても、挿し木を養成できる方法はないのだろうか？例えば、木炭を混合することによって、土壌の改良とともに挿し木の苗床としての環境も作っていくことなどは可能だろうか？

こうして挿し木研究のころみの2番目として、私は次に木炭の利用をためしてみた。

供試材料は、前回同様にポプラを使い、カラマツ、ナラ、オガ粉（ナラ材のオガ粉を固めたもの）の3種類の木炭を使った。それぞれの木炭を50gずつ、深さ20×縦20×横60cmの大きさのプランターに入れた普通土（これは農大構内の空き地の土であるが）、その普通土に混合し、ポプラを挿し付けた。カラマツ、ナラの各炭は、それぞれ枝から炭にしたものであり、上伊那森林組合でつくられたものである。オガ炭は市販のものを使用した。また、対照として、鹿沼土にも同様に木炭を混合し、比較を行ってみた。挿し付けは5月上旬に行い、灌水は1日おきに2リットルずつ行った。10月下旬に掘り取り、各床土の挿し木苗の成長を観察し、比較を行った。供試木は各20本ずつである。

まず挿し木の活着率を図1.5に示す。鹿沼土の挿し床では、カラマツ炭を施用した区では90%、ナラ炭施用区85%、オガ炭施用区85%、対照区（木炭なし鹿沼土のみ）65%の結果となり、いずれも木炭を混合した床土での成績が良好となった。

一方、普通土の挿し床はどうだろうか。カラマツ炭区70%、ナラ炭区10%、オガ炭区5%、対象区30%との結果である。カラマツ炭を混合した床土では対象区での2倍以上の活着率向上の結果となり、活着率も7割と高かった。けれども、ナラ炭、オガ炭を混合した床土で

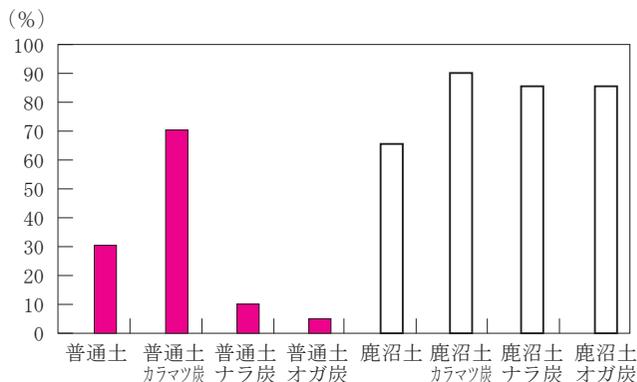


図 1.5 ポプラ挿し木の活着率 (%)

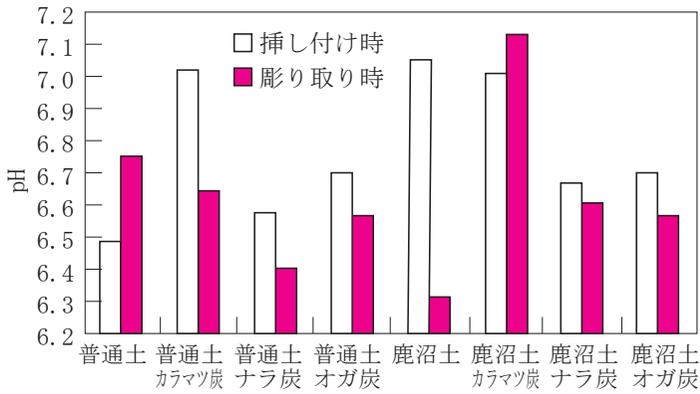


図 1.6 土壤 pH の変化

はむしろ活着率は低下する結果となった。

次に土壤 pH の変化を図 1.6 に示す。土壤の酸性度、アルカリ度を示す pH は、植物の生育、生存にも影響を及ぼす重要な指標である。その pH の変化は、5月の挿し付け時と比べ、10月の掘り取り時では、普通土では、対照区で0.1、カラマツ炭施用区では0.3ほど上昇し、逆にナラ炭、オガ炭区では0.1下がり、鹿沼土では、対象区で0.8も下がったのをはじめ、カラマツ炭区で0.4、ナラ炭、オガ炭区で0.1～0.2ほどそれぞれ下がり、酸性化に傾く傾向がみられた。

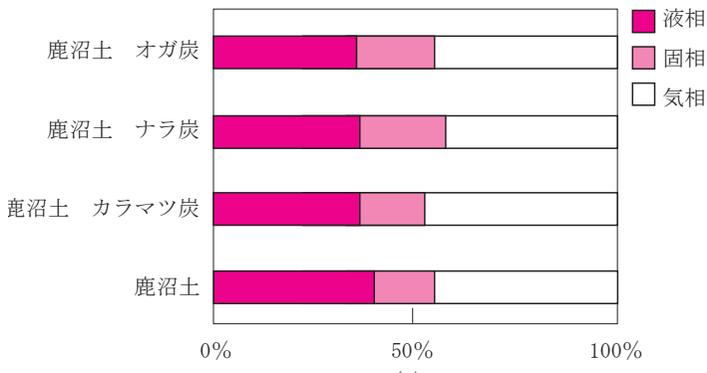
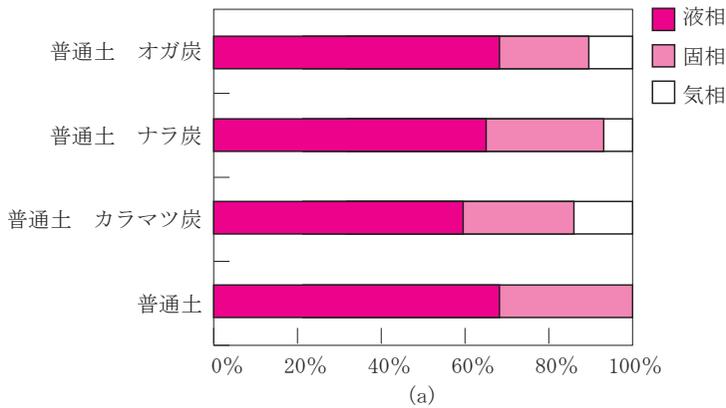


図 1.7 掘り取り時の各床土の土壤三相

次に、土壤三相の状態を図 1.7 に示す。土壤には、空気の割合を示す気相、土壤粒子や石などの固相、水の液相の三つの相がある。その土壤三相の掘り取り時の状態であるが、普通土では、対照区にはほとんど気相ができなかった。しかし、カラマツ炭区では 15%、ナラ炭区で 7%、オガ炭区で 10% 程度の気相がみられた。いずれも液相は 60～70% ほどを占める結果となった。この液相に比率が高いということは排水状態が悪いことを示し、挿し木の一般的な成育条件としては、不適な条件であったことをうかがわせる値である。一方、鹿沼土では、対照区と比べ、カラマツ区、オガ炭区では気相が若干高まる結果となり、いずれも液相が対照区よりも少なかった。こちらは、若干ではあるものの、木炭混合の効果がかえたとはいえる。

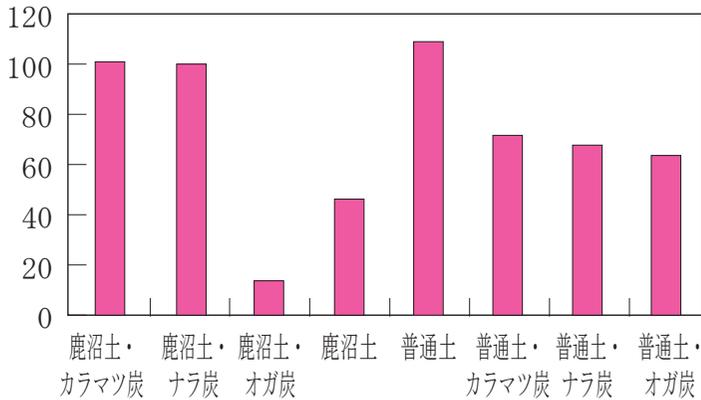
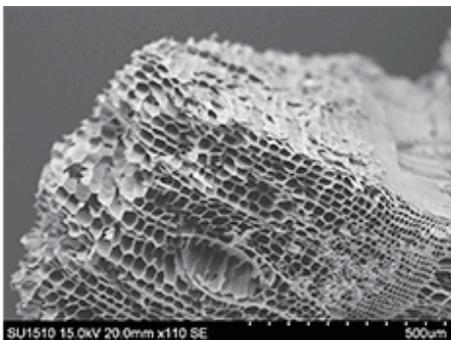
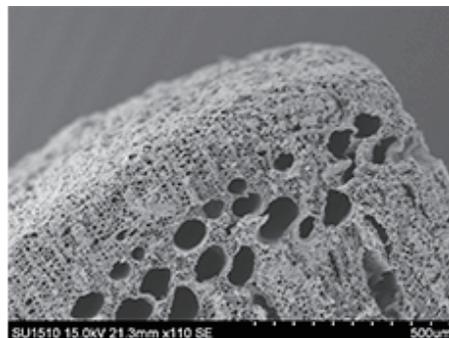


図 1.8. 掘り取り時の土壤菌コロニー数 (個) の比較

次に、掘り取り時の土壤菌コロニー数を図 1.8 に示す。この土壤菌コロニーは、その名の通り、土中に含まれる菌集団の数を示したものである。普通土では、対照区よりも、カラマツ、ナラ、オガ炭の木炭施用区の方が、菌コロニー数が少ない結果となった。逆に鹿沼土では、対照区と比べて、カラマツ、ナラ炭区では菌コロニー数が約 2 倍となり、オガ炭では逆に少ない結果となった。これらの結果から、もともと有機物が少なく、腐朽菌の少ない鹿沼土の場合には、木炭を施用することで菌を増やし、逆に、有機物が多く、腐朽菌の多い普



カラマツ炭



ナラ炭

写真 1.12 放射断面 (木口面) の電子顕微鏡写真

通土の場合は、菌を減らす傾向がうかがえたといえる。

ちなみに、電子顕微鏡を使い、断面の観察も行ってみた。電子顕微鏡の操作と撮影は、東京農業大学の電子顕微鏡室の大学院生に依頼した。カラマツ炭、ナラ炭のそれぞれ木口面の110倍の写真を示す。ナラ炭には道管などの大きな空隙がみられるものの空隙が少なく、密度の高いところがある。それに対して、カラマツ炭では、全体的に空隙が多い構造になっていることがわか

る。もともと気乾比重もカラマツは0.53、ミズナラは0.67なので、カラマツの方がより隙間の多い組織構造になっていることがそのまま木炭の構造にもあらわれているといえる。また、オガ炭の断面の拡大を写真1.13に示す。カラマツ、ナラの木炭には空隙があるが、オガ炭はオガ粉を人工的に固めたものであるため、隙間がほとんどみられない。この基本的な構造の違いもまた土壌、水分、菌類に影響を及ぼしたものと考えられる。

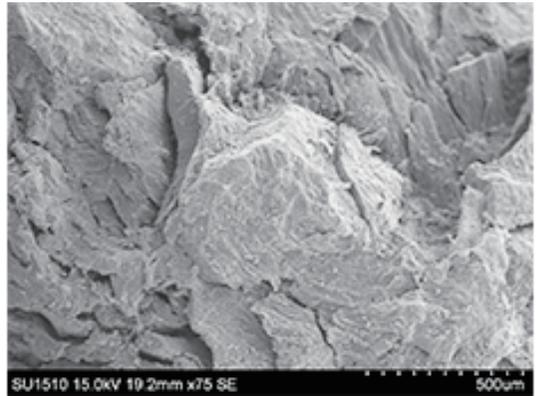
以上の結果をまとめると、活着率では、カラマツ炭の施用効果が認められ、土壌三相では、鹿沼土では5%前後、普通土では10%前後、気相を増加させる効果がうかがえ、菌のコロニー数では、鹿沼土では増加、普通土では減少傾向がうかがえるという結果が得られた。しかしながら、木炭の量や大きさ、設置方法などによっても、結果はさらに異なることが予想される。

本研究の命題は、鹿沼土を使わずとも、普通の土でも挿し木苗を作ることはできるのか？ということであった。それには土中の空気の高め、雑菌を減少させることである。今回の実験からは、それらがカラマツ炭を使うことによってある程度はできることが認められたといえようか。

こころみ その3 挿し床に木質チップを活用した挿し木苗の養成

私の職場の東京農業大学は東京・世田谷にあるが、私自身は信州生まれであり、実家は長野市にある。農大同窓会には長野県支部があり、その仕事もしているので、長野県つながりの委託業務もある。故郷信州で行う仕事は本当に心地よく、信州の森林の地に入っただけで元気が出る気がする。

そんなある日、私は長野県北部の飯山市の花弁栽培の農家を訪ねることになった。



カラマツ、ナラ炭のような空隙がみられない
写真 1.13 オガ炭の電子顕微鏡写真 (75倍)



冬季の飯山の風景



水墨画のような雪景色である

写真 1.14

私は農大を卒業してすぐに長野県の農業高校の教員になったのだが、その最初の赴任校の教員住宅は飯山市にあり、その教員住宅の管理校は、私の祖母の母校であった。そのような様々な縁があり、私にとって、飯山は今でも懐かしいところである。

飯山で訪ねたのは、温室施設を使ったスズラン栽培をしている農家であった。ユニークなことに、その農家では、スズラン栽培に園芸土を使わず、針葉樹の間伐材から作られた木質チップを栽培床に使っているのだった（写真 1.15）。木質チップは丸太を切削、粉碎して作った生のチップであり、良い芳香がある。この芳香が、いわゆるフィトンチッドである。フィトンチッドは、ロシア語による合成語であり、フィトンは植物、チッドは殺す（kill）を意味し、芳香成分の持つ抗菌作用を表す言葉である。フィトンチッドの主な正体は、植物、樹木に含まれる、テルペン類などの精油成分であり、現在までに数多くのテルペン類が発見されているのだが、その農家はその木質チップの抗菌作用を巧みに、しかも安価に利用して、花卉類の栽培を行っていたのだ。まさに目からうろこが落ちる思いであった。

一方、林地残材の有効活用では、バイオマス利用をはじめ、様々な方法、手法が現在検討



写真 1.15 木質チップを栽培床に用い、スズランの栽培をしている農家（長野県飯山市）

されている。例えば、農大の演習林内であっても、毎年の実習で伐採された立木丸太がそのまま現場に放置されている（写真 1.16）。

そこで、そうした残置丸太から木質チップを作り、それを先の農家がスズランを栽培して



演習林実習での間伐実習後、伐採された立木の丸太が放置されている

写真 1.16



スギ

ヒノキ

カラマツ)

写真 1.17 私が試作した木質チップ

いたように挿し床として使い、挿し木苗を作ってみてはどうだろうか？飯山の園芸農家のころみをヒントに、次は挿し床そのものの実験を行ってみた。

まず木質チップの作成である。原材料は、前年の夏の実習で伐倒したスギ、ヒノキ、カラマツの丸太を使った。それぞれの丸太にチェーンソーの刃を入れ、繊維方向に何度も走らせて、チップを山盛りに作った(写真 1.17)。

木質チップは縦 60cm × 横 22cm × 深さ 16cm のプランターに入れ、一つのプランターに 10 本ずつポプラを挿しつけた。また、比較する対照区として、鹿沼土を挿し床にしたプランターも設け、双方の生長の比較を行った。

次に実験の結果を示す。

まず、木質チップの挿し床の水分の平均吸収率および平均含水率を図 1.9、図 1.10 に示す。木質チップの挿し床は、いずれの数値も高かった。この水分量が高かったことも災いして、いずれの挿し床においても挿し木の活着率は著しく低く、スギチップで活着率 0%、ヒノキチップ 10%、カラマツチップで 30%という低い結果となった(図 1.11)。

しかしながら、発根の平均根重では、個体間のばらつきは大きかったものの、カラマツチップの挿し床で養成した挿し木の根重(根量)が最も大きいという結果が得られた(図 1.12)。

今回のこの簡易実験では、木質チップを利用した挿し床では高い活着率は得られなかった。その原因としては、挿し木がチップの床では、苗のぐらつきが大きく、不安定であったこ

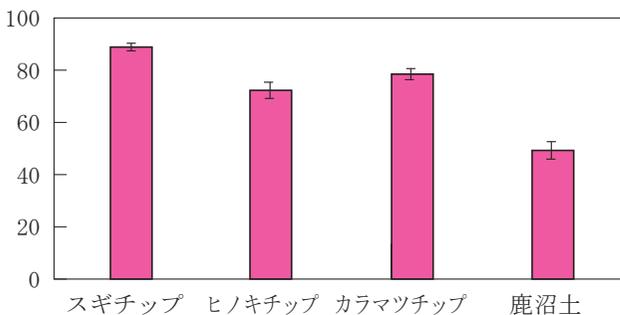


図 1.9 各挿し床の平均吸水率(倍)



写真 1.18 各樹種の木質チップにポプラを挿しつけた

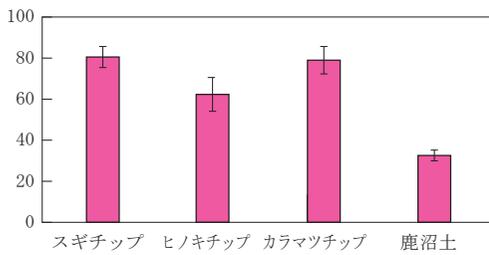


図 1.10 各挿し床の平均含水率 (%)

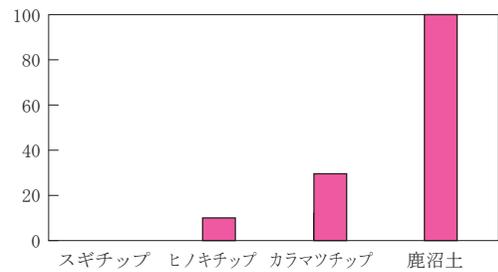


図 1.11 挿し床の活着率の比較 (%)

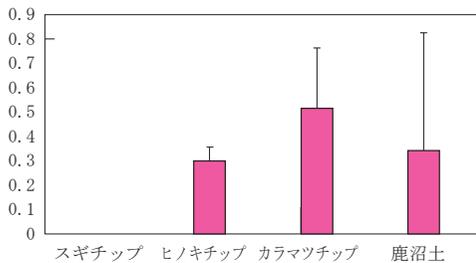


図 1.12 挿し床による苗木の平均根重 (g) の比較



写真 1.19 マルチング材としても使われている
木質チップ

大し、苗木の安定化をはかる

② 過湿とならない適当な水分管理

の主に 2 点によって、活着率の向上はさらに期待できるものと考えられた。

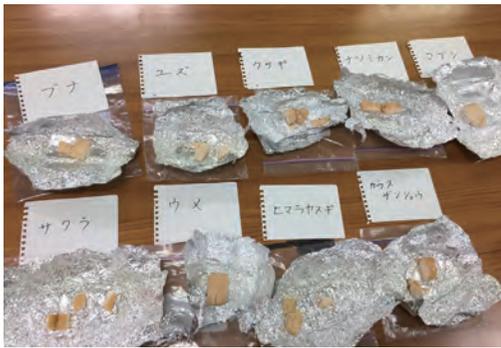
また、挿しつけからではなく、すでに発根が得られている実生苗木育成の栽培床としての利用の可能性や、広葉樹など、別の樹種のチップでの挿し床を試みることにもちろん検討の余地がある。木質チップには、まだまだ可能性がある。ちなみに、雑草の繁茂を抑制するマルチング材としても、すでに木質チップは実際に使われている (写真 1.19)。

また、研究室の学生がころみに、複数種の樹木のチップから鶏肉の燻製を作り、その香りや味の比較をしてみたところ、どの燻製にも香りや味に違いがあったことをゼミで報告した (写真 1.20)。このことから、チップは食材の味にも彩を添えることがうかがえる。樹林のチップには、実に多様な可能性があるのだ。

と、つまり切り口とチップの不接地という単純な要因がまず一つと、次にチップ床の水分過多による生理的吸水困難という二つが考えられた。さらに、これらの結果からは、学会でも報告をしたのだが、チェーンソーを使った際、そのチェーンオイル (摩擦を防ぐためのオイル) がチップに付着したことも活着率の低下に影響を及ぼしたのでは？との指摘も受けた。その通りである。各チップには、大なり小なり、チェーンソーからのオイルが付着したはずである。このオイルの付着が無ければ、結果は多少変化したことも考えられる。

総合的に考えて、今回のころみの結果からは、

- ① 木質チップの細粒化を行って挿し木の切り口と木質チップとの接地面を拡大し、苗木の安定化をはかる



ブナ、クサギ、コブシ、サクラ、ヒマラヤ、スギなどのチップから研究室の3年生が作った燻製。それぞれ香りも味も異なる。

写真 1.20



写真 1.21 林床でみられるクロモジ



写真 1.22 プランター苗で養成中のクロモジも挿し木

こころみ その4 挿し木の難しい樹種へのチャレンジ

21世紀の今日になっても、挿し木の技術はまだ完璧ではなく、挿し木が困難な樹種があるという、大きな宿題が依然としてあることは冒頭で述べた。

私は、全国各地を行脚することが多く、その際に、こんな樹木を栽培できないだろうかという依頼を受けることがある。依頼を受けるくらいであるから、それらは、薬用、実用、装飾用なども含め、有用な樹木である。そんなある日、林床に生えるクロモジの栽培ができないかという依頼を信州・伊那谷で受けることになった（写真 1.21）。

クロモジ (*Lindera umbellata* Thunb.: クスノキ科) は、クスノキ科の落葉低木であり、枝葉に甘い芳香がある。その甘い芳香から、古くより和菓子の爪楊枝などに使われてきたが、近年では薬用酒や入浴剤などに用いられる薬用樹木としての需要も高まってきている。そこで、そのクロモジおよびオオバクロモジ (*Lindera umbellata* Thunb. var. *membranacea* (Maxim.) Momiyama) の挿し木にもチャレンジすることになった。クロモジは、挿し木は困難な樹種であるけれど、種まきから育てる実生苗の養成は比較的容易にできる樹種でもある。

まず供試材料のクロモジ、オオバクロモジともに、標高

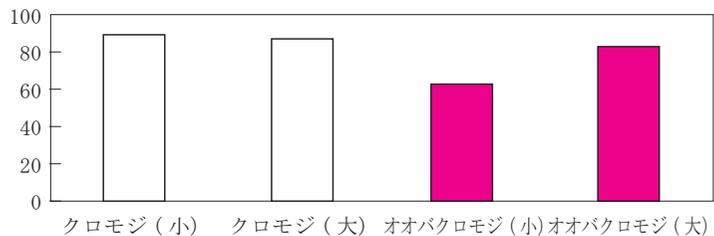


図 1.13 開葉率の比較 (%)

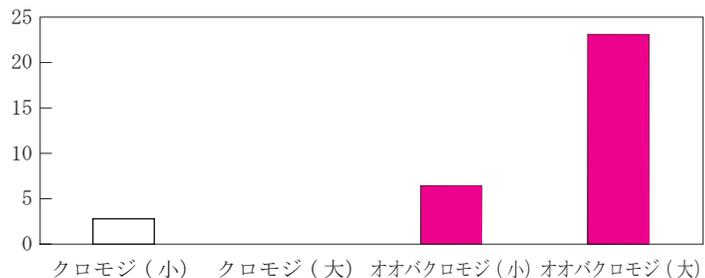


図 1.14 発根率の比較 (%)

約 1000 m 前後の山林の林床より、双方とも冬芽が開葉前の枝条を採取してきた。次に、それぞれ 10cm、20cm の 2 種類の長さの挿し木を作り、鹿沼土に挿し付けた。挿し付けは、一つのプランターに 15 本ずつ行い、1 樹種につき計 90 本を養成した (写真 1.22)。挿し付けから 4 か月経過後の 8 月中旬に全苗を掘り取り、その生長状況を測定した。

まず開葉率を図 1.13 に示す。クロモジでは 80% 以上、オオバクロモジでは 70% 前後の開葉率がみられた。

クロモジだけではないが、発根よりも前に、あるいは発根をせずとも、冬芽から新たな葉を開かせることはよく見られる現象である。サクラなども、冬季に枝を切り、切り花として室内に入れておくと、冬芽から開花がみられ、生け花などでも使われることがある。

次に肝心の発根率を図 1.14 に示す。クロモジではわずか 3%、オオバクロモジでは、7~23% という低い発根率に終わった。この発根率の低さからも、クロモジの挿し木の難しさが再認識できるところだ。しかし、ここで着目すべきことは、クロモジとオオバクロモジはほとんど同じ仲間でありながら、発根率に違いが見られたことである。発根の根量にも差があり、オオバクロモジの方がより多い発根量が得られた。

また、低い発根率についても、完全なゼロではない。根を出す個体もあるのである。この発根できる個体を増やす方法を考え、試行していくのが、他の樹種同様に今後も私の挿し木



(左：クロモジ 右：オオバクロモジ)

写真 1.23 発根量の違い



カルスの間から発根が見られる

写真 1.24 オオバクロモジのカルス

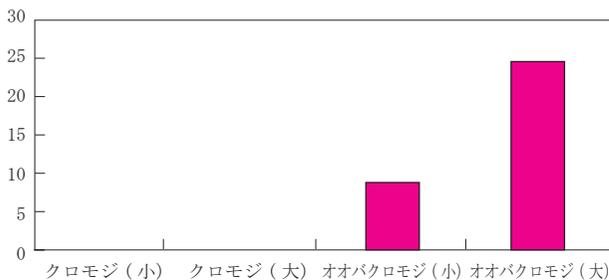


図 1.15 カルス形成率 (%)

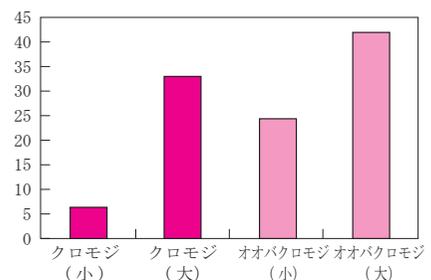


図 1.16 生存率の比較 (%)

研究の課題である。

カルスの形成率を図 1.15 に示す。クロモジではカルスが全く形成されなかったが、オオバクロモジでは 8～24%のカルス形成率がみられた。カルスの間からの発根も多く見られ、カルス形成率が発根率と関係していることもうかがえる（写真 1.24）。

次に生存率を図 1.15 に示す。クロモジでは 7～33%、オオバクロモジでは 24～42%という結果であった。発根をせずとも、切り口からの吸水によって 1 年の間生き長らえる個体も中には見られる。これは水の通導が滞りなく行われてきたからである。土中から空中への水分蒸散まで、樹体の中を貫く水柱が理論上あり、その水柱のことを SPAC（Soil-Plant-Atmosphere-Continuum）理論と呼ぶ。この SPAC が正常に機能すると、たとえ発根はしなくても、樹体は保たれるのである。また、同時に、この SPAC が機能しているうちに、何とか発根を促す方法を探したいものである。

発根、また根の伸長には、水分が最も大きな要素であることはもちろんである。しかし、肝要なことはそのさじ加減、コントロールである。例えば、同じ農学分野の稲作では、常に水を張りっぱなしにするのではなく、一時的に水を払ってしまう「乾田」の時期も持つ。この水が無くなってしまった状態の時節に、稲の根は水を求めて土中で一気に伸びるのである。そして、その際の土中の環境は、水がなくなったことによって、空気、酸素の気相が一気に増加することも特徴である。

これらのことから、クロモジをはじめ、発根困難な樹種においては、乾燥のインターバルを故意に持たせ、土中の気相を高めてみることも、その発根率を高める上で考えられる。

1.4 まとめと今後の展望

挿し木は、植物、樹木の生命力を活用した繁殖方法である。孫悟空が頭の毛を少しばかり



（左：ポプラ 中：ヒノキ 右：イチョウ）

写真 1.25 様々な樹種の挿し木



ムクゲの挿し木を使った作業療法（左）と患者さんの植えた挿し木（右）（九州の病院）

写真 1. 26

むしって、フッと息をかけると、無数の小さな孫悟空があらわれるように、挿し木も一本の樹木から数多くのクローン樹木を生み出すことができる。地域に伝わる老木、古木の枝葉からも、長さ 20cmほどの挿し木を採り、挿しつけると、やがて切り口からは根が生まれ、一つの個体、樹木となっていく。数百年の生命からまた新たな生命が派生する。それはいわば生命の株分けのようでもある。

そして、挿し木をするということ、その行為自体にも可能性がある。園芸療法、森林療法などの自然療法があるが、挿し木苗を作ることは、手指のリハビリテーションをはじめ、病院や施設で暮らしている方々のひとときの息抜きにもなる。生命の派生に自らが加わることによって、新たな活力、推進力も得るのである。

今後その樹木の持つ生命力をさらに広げることができるよう、コロンブスの卵的な観点から挿し木の研究に取り組んでいきたい。

引用文献

- (1) 神山恵三 (1980) 森の不思議な力=フィトンチッド. 講談社, 東京.
- (2) ファーブル 植物記 (1984) 日高敏隆・林瑞枝訳. 平凡社. 東京.
- (3) 町田英夫 (1974) さし木のすべて. 誠文堂新光社. 東京.
- (4) Iwao UEHARA, Masatoshi KURAMOTO, Hiroe TAKEUCHI, Megumi TANAKA (2013) The growth of *Ginkgo biloba* and *Populus nigra* cuttings by providing distilled water of trees. 関東森林研究 64 (1):73-76.
- (5) Iwao UEHARA (2016) Attempts of cuttings utilizing *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa* and *Larix kaempferi* wood for nursery bed. 関東森林研究 67 (2): 259-262.
- (6) Iwao UEHARA (2017) Cuttings of *Lindera umbellata* Thunb. and *Lindera umbellata*

Thunb. var. *membranacea*, 中部森林研究 65:11-14.

- (7) Iwao UEHARA, Megumi TANAKA (2018) Antibacterial effects of pyroligneous acid of *Larix kaempferi*, 森林保健研究 2 : 14-19.

コラム 「森林研究あるある」 “とっくに調べ尽されてる！”

本章でも述べたように、挿し木の研究は森林の学会においても林業上でも、いまなお発展途上にある。しかし、挿し木の研究と聞けば“とっくに調べ尽されてる！”と声を荒げる教授がある大学に昔いた。その影響もあってか、その教授の下の大学院生も「挿し木なんて調べ尽されてるよ。挿し木なんて、終わった研究だよ。」と4年生以下に、したり顔で諭すようになっていった。こうしたハツタリはある種の伝染をするものである。しかし、言うまでもなく、挿し木研究には、マツ科、ブナ科の樹木の発根促進をはじめ、未解決の問題が存在し、いまなお学会、大学、研究所で挿し木研究は行われている。また、そもそも、「研究」には終わりが無い。一つの調査研究を終えれば、同時に新たな不備や課題が発生し、永続的に研究は続いていく。その後、くだんの教授の最終講義に出席する機会があり、拝聴したところ、実は挿し木をはじめ、ご自身での研究はほとんどない方だった。もともとは研究者ではなかったことが、生んだ言葉であったのかも知れない。自分の研究および研究室では、「とっくに調べ尽されてる！」の言葉は謙虚に慎しみ、戒める姿勢でこれからも進んでいきたいと思っている。

2.1 森林浴、フィトンチッドという言葉の誕生

1980年代の初頭、「森林浴」という言葉が生まれた。これは、時の林野庁長官の秋山智英氏による造語である。ちなみに秋山氏は、私と同郷の信州のご出身（佐久）。森林浴は、温泉に入るように「森林の緑のシャワーを浴びてみませんか」という当時のキャッチフレーズの言葉であった。温泉浴と同様に、森林浴という言葉を広めることによって、国民に森林をより親しんでもらうことが狙いであった。

その森林浴ブームとともに、「フィトンチッド」という新たな言葉も合わせて聞かれるようになった。フィトンチッドとは、「フィトン（植物）」と「チッド（殺す：キル）」の二つのロシア語を合わせた造語であり、植物の香りの持つ、抗菌、殺虫などの作用のことである。植物は、大なり小なり、このフィトンチッドを有し、自らの体や生長をまもっている。植物をまもるその香りが、我々人間にはリフレッシュやリラックスなどの効果として作用することが多い。玉ねぎの皮をむくと目が刺激され、涙が出てくるが、これは玉ねぎのフィトンチッド（この場合、硫化アリル）が作用するからである。また、モミの木の香りなどは、アロマセラピー（芳香療法）に使われるのは、モミの木の香り（ α -ピネンやリモネンなど）がリフレッシュやリラックス効果をもたらすからである。こうして、森林浴＝森の香り＝リフレッシュ効果という図式が生まれ、森林浴の効果の根拠として、森林にはフィトンチッドがあるからだと言われるようにまでなっている。

森林、樹木の持つ香りや、抗菌作用は現在でも注目を浴びている。例えば、若者向けの、特に若い女性を対象としたおしゃれな「自然系ショップ」では、樹木、植物の香り・アロマが様々な商品の形として売られている。



写真2.1 よく見られる市販の樹木の香りのスプレー様々な種類のものがある。



写真2.2 フィンランドでの樹木の香り講習会の様子

2.2 “空気をきれいにする木”

そんなある日、園芸店や自然系ショップに樹木を卸している九州・大分の苗木屋さんから連絡があった。ちなみに、その苗木さんは農大・林学科の卒業生である。

「私どもの売っているユーカリの苗木には、“空気をきれいにする木”というタグがついています。ある時、お客さんから、本当に空気をきれいにする効果があるのか？と訊ねられ、返答に窮してしまいました。おそらくそういう効果があるのだとは思いますが、大学で一度きちんと調べてもらえないでしょうか？」という依頼である。二つ返事で承諾したところ、まもなくユーカリの苗木が大分県から空輸されてきた。

ユーカリ (Eucalyptus) は、とりわけその芳香が強い樹木である。コアラがその枝葉を食べていることからその名はよく知られている。ユーカリには、数多くの品種があり、園芸、緑化樹木として植栽されることも多い。東京都内のおしゃれなカフェなどでも装飾として見かけることがある。最近では、ユーカリの持つ抗菌効果も報告され、特に室内の空気を浄化する効果があるものとして、ユーカリ類を室内に置く人も増えてきているようだ。

本当にユーカリには、空気をきれいにする働きがあるのか？この命題から、ユーカリの葉から放出される芳香揮発成分の抗菌効果についての検証実験を行うことになった。外部からの依頼、注文を受けて、すぐに実験のできるところが、小さく、小回りの利く研究室の利点だろうか。

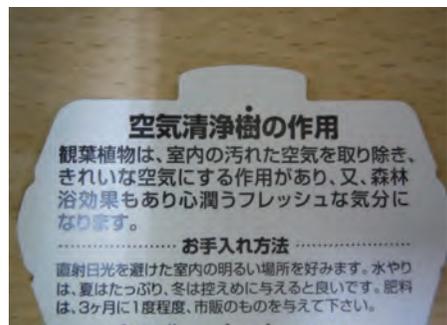


写真2.3 写真屋さんから研究室に送られてきたユーカリの苗木と、苗木に付いていた「空気清浄樹」の説明タグ



(左：生葉5g入りのビニール袋、右：枝葉をまるごとトラップ)

写真2.4 香りのトラップ

実験の方法

まずは、菌を培養する培地づくりである。香りの研究でなぜ菌の培地づくり？と疑問に思われる方もいることだろう。樹木の香りが本当に抗菌の効果を持っているのかを実地に調べるには、やはり菌を準備し、その菌が香りによってどのように変化するかを観察することが大切であり、その菌を育てる場所としての培地づくりがまず必要になる。

今回は、菌の培養研究でよく用いられるLB培地（塩化ナトリウム 5g、トリプトン 5g、イースト 2.5g、寒天 5g 各 g /500ml）を準備することとした。供試木のユーカリは、送っていただいたグロゴルフ種一種のみ。全長40cm前後の苗木の地上部全体、または生葉を5g分



写真2.5 ビニール袋の中にトラップしたユーカリの葉の香りをシリンジで吸引する



写真2.6 シャーレに入れた大腸菌に、ユーカリの香りを入れ、変化を数週間観察する

採取して、それぞれ縦横 25cm のビニール袋で密封し、その芳香揮発成分を一晩トラップした。

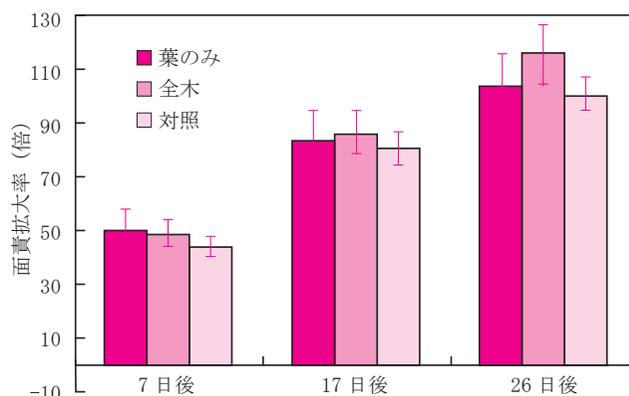
対象とする菌種は、身近な菌への抗菌作用を試験する目的から、今回は、どこにでもありふれたものとして、大腸菌 (*Escherichia coli*) と、黄色ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus subsp.aureus*) の2種類の菌を東京農大の菌株保存室に依頼し、準備した。ちなみに、農大は、漫画「もやしもん」でも知られる通り、ストックする菌の種類が豊富な大学である。

それぞれの菌体を1ループ (10 μ l) とって、シャーレ中央に置き、ビニール袋に24時間トラップしておいた気体をシリンジ (注射器) で10ml 吸引し、シャーレ内に吹き込んだ。シリンジの先端には、ディスクフィルター (0.2 μ m) をつけて夾雑物を除去し、香り以外の影響が及ぼさないようにも配慮を行った。

菌の培養温度は28℃で、培養は1ヶ月間行った。シャーレは、一つだけではなく、くりかえしとして各10個ずつ準備し、香りを入れない対照区も10個準備した。それぞれの菌体の面積の比較を定期的に測定し、ユーカリの香りを入れたシャーレと入れないシャーレとのそれぞれの菌体の変化を比較し、ユーカリの抗菌作用を考察することとした。

実験の結果は？

大腸菌、ブドウ球菌それぞれの菌体の面積の変化を図2.1、図2.2に示す。大腸菌では、抗菌ではなく、むしろユーカリの芳香揮発成分を注入したシャーレの方が、菌体の増加スピードが増す結果となった。一方、ブドウ球菌に対しては、ユーカリの芳香揮発成分を注入したシャーレでは、菌体の増加スピードが抑制される結果がみられ、対照区と比べて有意差もみられた ($p < 0.01$)。このことから、ユーカリの芳香揮発成分の抗菌効果は、対象となる菌によっては効果のある場合とない場合があることが推察される。今回のこの実験だけをもって、大腸菌には抗菌作用がなく、ブドウ球菌にはあると断言をすることはもちろんできない。しかし、やはりユーカリの芳香、香りが菌に対して何らかの作用を持つことはいえそうである。また、ユーカリには、数多くの品種がある。他の種類も供試材料とし、芳香蒸留水や精



全木は苗木を丸ごとビニール袋で密封したものを指す。

図2.1 ユーカリの葉の香りを入れた大腸菌の菌体面積の変化

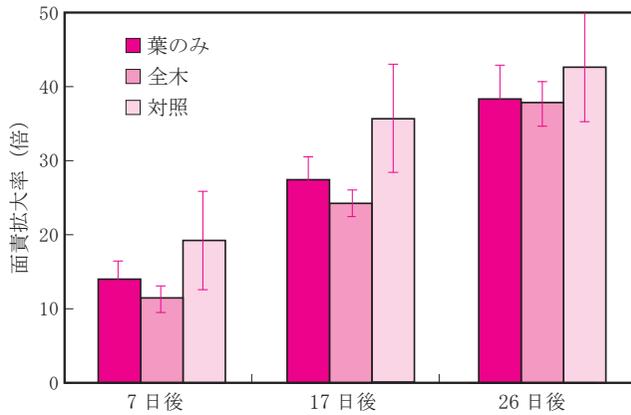


図2.2 ユーカリの葉の香りを入れたブドウ球菌の菌体面積の変化

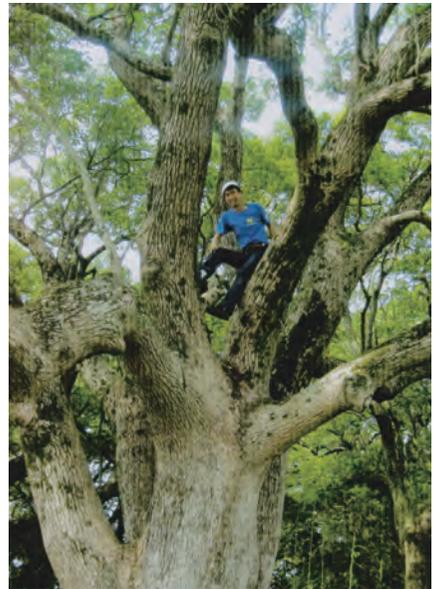
油なども用いて、さらに検証を行っていきたいところだ。依頼を受けた大分の苗木屋さんにもこれらの結果を早速報告したところ、「えっ、本当にユーカリには抗菌作用があるんですか？それじゃあ、あの空気を綺麗するっていう宣伝コピーはあながち嘘ではないんだなあ」との感想であった。

それでは、クスノキの香りでは？

樹木の香りの研究は、幅広い。ユーカリの香りの実験の次は、日本の樹木のクスノキの香りの抗菌作用を試してみることにした。

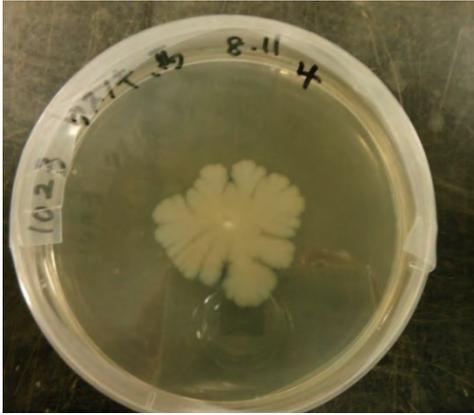
クスノキは、日本に自生する常緑広葉樹であり、クスノキ科の樹木は西日本を中心とした照葉樹林帯の中で、主要な樹木群でもある。そのこともあってか、西日本では、クスノキが神社、お宮の御神木となっているところも多い。

クスノキの成分は、衣類の防虫剤の樟腦の原料としても古来より使われてきた。防虫効果があるくらいであるから、抗菌作用も強いと考えられるが、そのこともあってか、戦前に国内各地に建てられた結核療養所では、病棟のまわりにクスノキを植栽し、「クスノキの葉の香りが結核菌を殺す」とされているところもあったようだ。例えば静岡県浜松市にある国立病院機構の天竜病院には、そうして植栽されたクスノキの大木が病棟周囲にいまなお見られる。クスノキは、自らの樹体への抗菌作用も持っているためか、全国の長寿の樹木にも、クスノキが多い。



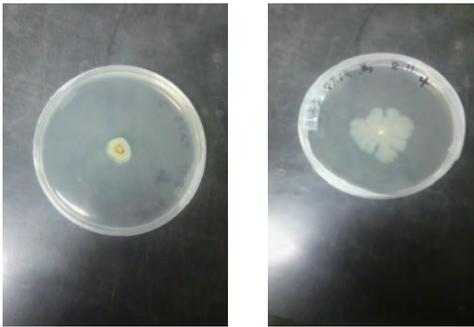
(福岡県柳川市にて 2014年)

写真2.7 クスノキの大木と私



(大腸菌を3週間培養した状態)

写真 2.8 菌床のひだ



クスノキの香りを入れた左のシャーレ内の大腸菌は小面積のままだが、クスノキの香りを入れない対照シャーレでは、大腸菌は増殖している。

写真 2.9 黄色ブドウ球菌に対するクスノキの香りの抗菌作用

クスノキでの実験

さて、そんなクスノキを供試材料とし、その葉から放出される芳香の抗菌作用について、前述のユーカリ実験同様に、大腸菌と黄色ブドウ球菌を用いて、夏至の頃の6月21～22日、また盛夏期の8月10～11日に、それぞれ24時間、葉の芳香をトラップして実験を行ってみた。さらに今回は、蒸留水でクスノキの葉を30分ほど煮出し、その煮出液の抗菌作用も調べてみた。また、菌体が大きくなっていく時に、菌体の縁には、ひだが見られる。このひだの形は、自己相似形で、いわゆるフラクタルの形をしているものであり、リアス式海岸なども同様のフラクタル図形である。今回は、この菌体面積の増加と同時に、ひだの数もこころみに数えてみた。

実験の結果である。夏至の陽ざしを狙った6月の実施日は、実は曇天の天候で、日照時間がわずか0.2時間であった。そのこともあつ

表 2.1 6月および8月の実験実施日の気象

	6/21-22	8/10-11
最高気温(°C)	26.5	31.2
最低気温(°C)	18.2	23.8
日照時間(h)	0.2	5.9

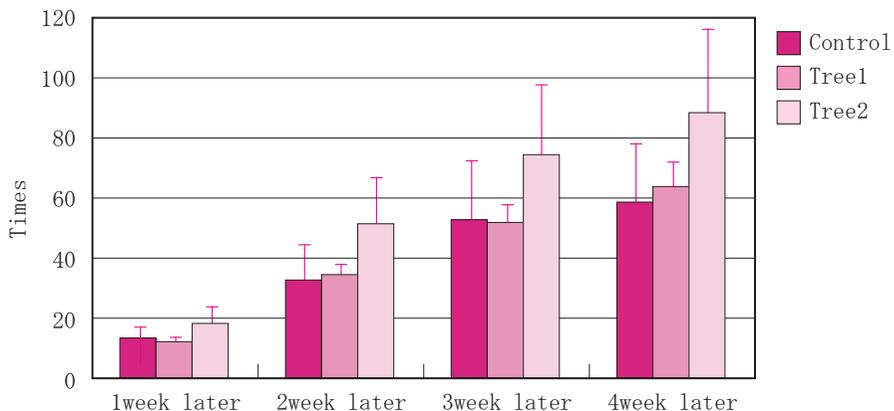


図2.3 6月の実験におけるクスノキ芳香成分が大腸菌の成長に及ぼした影響

てか、大腸菌、黄色ブドウ球菌の双方に対してクスノキの葉の芳香による菌体増殖の抑制効果は認められなかった。しかしながら、8月の実施日は、日照時間が5.9時間の条件となり、双方の菌の増殖を抑制する効果がある程度認められた。

8月には煮出水による抗菌作用の実験も行ったところ、大腸菌に対してはその効果が認められたものの、黄色ブドウ球菌に対しては認められなかった。

これらの結果から、クスノキ、またクスノキだけでなく樹木の葉の抗菌作用には、まずは

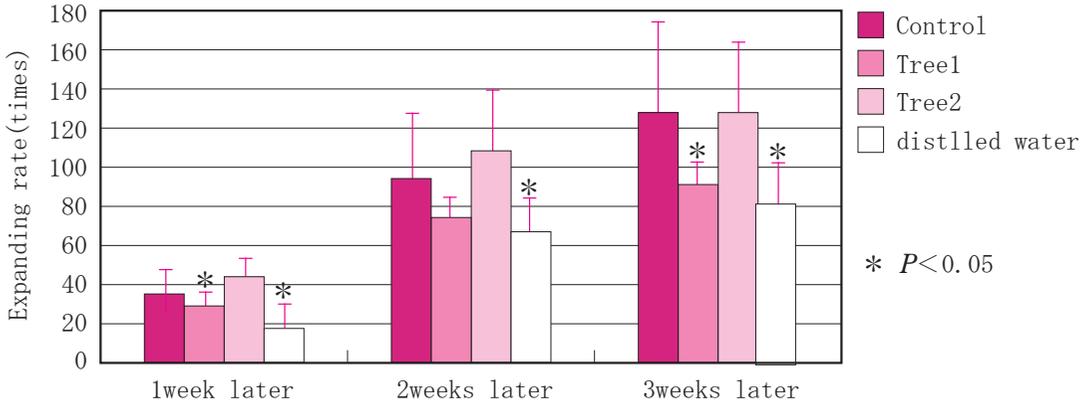


図2.4 8月の実験におけるクスノキ芳香成分が大腸菌の成長に及ぼした影響

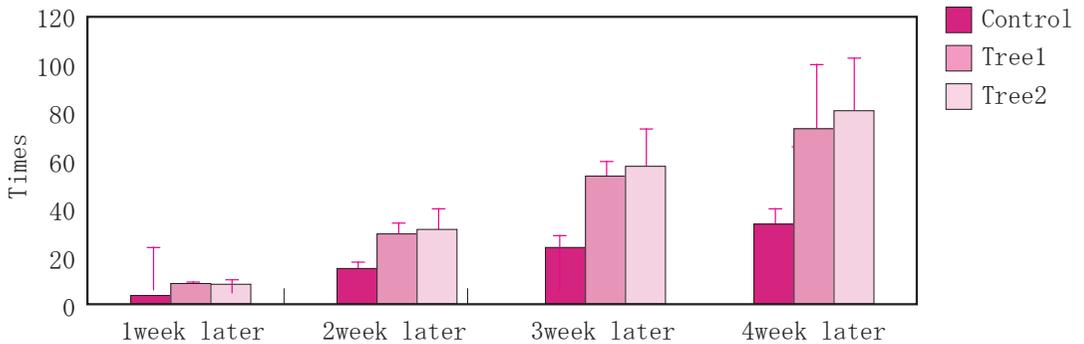


図2.5 6月の実験におけるクスノキの芳香成分がブドウ球菌の成長に及ぼした影響

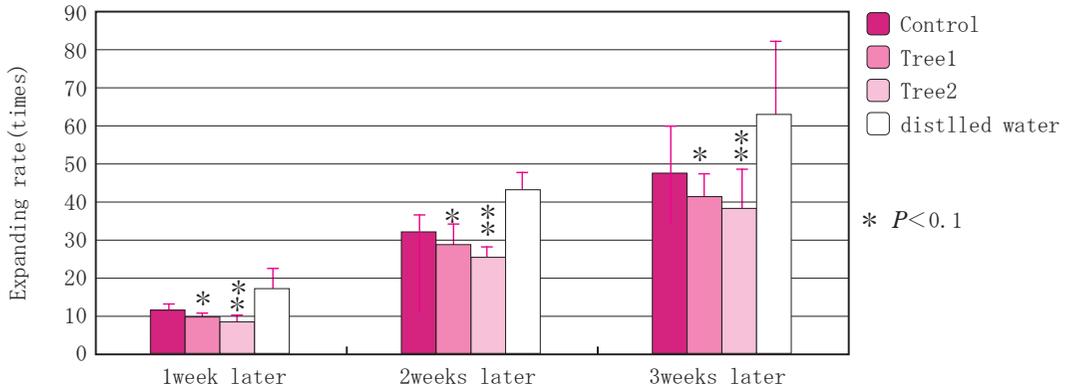


図2.6 8月の実験におけるクスノキの芳香成分がブドウ球菌の成長に及ぼした影響

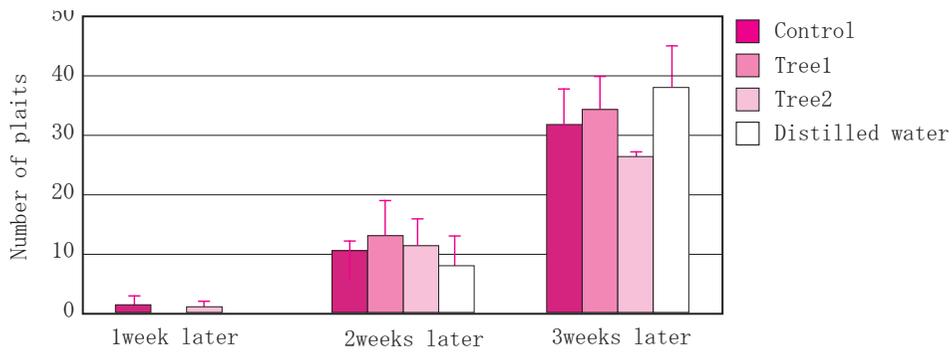


図 2.7 8月の実験における大腸菌の菌床のひだ数の変化

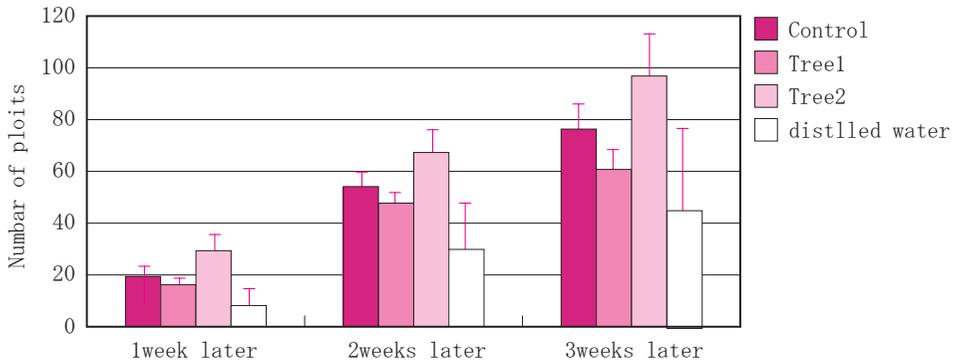


図 2.8 8月の実験におけるブドウ球菌の菌床のひだ数の変化

表2.2 菌床面積と菌床のひだ数との相関係数

	E.col	Staphylococcus
Control	0.82	0.70
Tree 1	0.88	0.88
Tree 2	0.88	0.70
Distilled water	0.78	0.92

日照、光条件が大きく影響することが示唆された。光合成と同時に、抗菌作用の強弱も決定される可能性がある。陽光がさんさんと降り注ぎ、光合成が盛んに行われる条件下では、樹木の香りもまた強くなる、つまり光合成と樹

木から揮発する香りは比例関係があるようだ。また、当然ながら、季節によっても、その抗菌効果は異なることも考えられる。

また、菌体の面積の増加とともに数えた菌体のひだ数の変化も以下に示してみる。当然のことながら、菌体の面積が大きくなれば、そのひだの数も増え、菌体の面積が小さければ、ひだの数も少ない結果となった。このひだができる理由は、菌の粘着性に由来する。つまり、粘着性が強いとひだは多くなり、サラサラの状態では、少なくなる。ひだの状態をみれば、菌の粘着性の状態もうかがえるのである。

さらに他の樹種ではどうだろうか？

ここまでユーカリ、クスノキと、樹木の香りの抗菌作用を試してきたが、さらに他の樹種ではどうだろうか？次は、甘い香りがするカツラの葉と、アロマセラピーなどでも良く使わ



写真 2.10 街路でみられる
カツラの木



(長野市 善光寺の柱材)
写真 2.11 カツラは建築材としても優れ
ている



写真 2.12 ヒマラスギの樹冠



写真 2.13 公園でよく見られる
ヒマラヤスギ



(左：カツラ 右：ヒマラヤスギ)

写真 2.14 葉の香りを24時間トラップする

れるヒマラヤスギを供試材料として、これまで同様の実験を試してみた。

カツラは、ハート形の葉を持ち、その葉は秋に黄葉する。黄葉は落葉になっても綿飴のような甘い香りを持つことがよく知られており、たき火などをしてもカツラの葉がまじっていると、甘い香りがする。その甘い香りの正体は、マルトールという多糖類であるが、その甘い香りを含んだ葉でも、やはり抗菌作用はみられるのだろうか？

また、ヒマラヤスギは、その名にスギの名称がつくため紛らわしいが、マツ科の樹木である。ヒマラヤ地方原産の樹木であり、公園などでよく見かける大木である。アロマセラピーでは、聖なる木としても使われる樹木とのことである。

これらの二つの樹種についても、前述のクスノキ同様に、2012年6月と8月にそれぞれ24時間芳香をトラップして実験を行ってみた。

実験の結果、やはり日照時間が短い実験条件下ではカツラ、ヒマラヤスギともに大腸菌、黄色ブドウ球菌の双方に対して葉の芳香による菌体の増殖を抑制する作用は認められなかった。しかし、日照時間が長い条件下においてはカツラには二つの菌の増殖を抑制する効果が

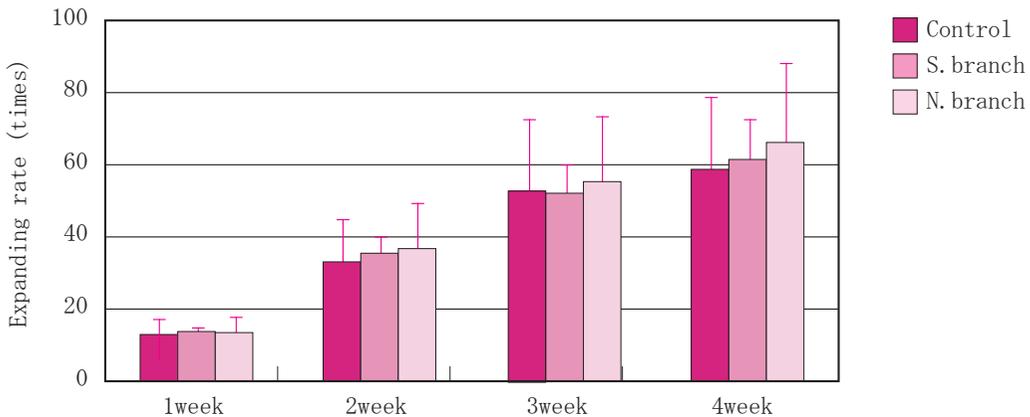


図2.9 6月の実験におけるカツラ芳香成分処理下での大腸菌面積の拡大率

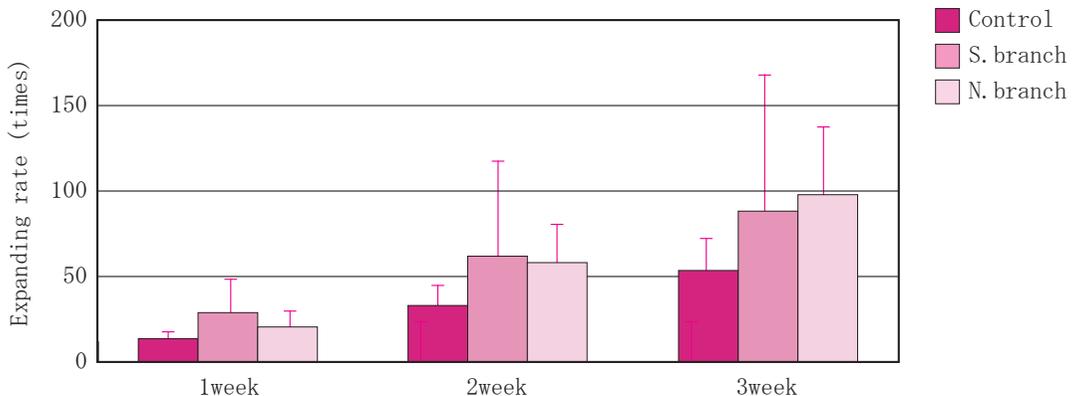


図 2.10 6月の実験におけるヒマラヤスギ芳香成分処理下での大腸菌面積の拡大率