

木質系廃棄物の有効利用に関する研究 (3) —樹皮がもつ植物生長抑制成分の特性—

吉留竜仁 山内正信 山本英夫 進藤三幸

Study on utilizing of wood waste (3)

—The property of the ingredients to suppress the growth of plants in the bark—

Ryuji YOSHITOME, Masanobu YAMAUCHI, Hideo YAMAMOTO, Kazuyuki SHINDO

It is the urgent and important problem to utilize the wood wastes such as Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) bark discharged from wood-processing factory as the new resources because they could not be disposed easily since the revision of Waste Disposal and Public Cleaning Law in 2002.

In order to utilize Sugi and Hinoki bark, we have investigated about their properties since 2002. The bark was elucidated scientifically to contain several antifungal compounds and the ingredients to suppress the growth of plants. We reported the latter in this study. The ingredients to suppress the growth of plants are seemed to be tannins, which are known to protect the wood itself from various stresses. In this study, we confirmed the operation to suppress the growth of plants in the bark, and investigated average molecular weight (MW) and molecular weight distribution of the component by gel permeation chromatography. The Hinoki bark contained two kinds of tannins from the viewpoint of MW, and most of them were the comparatively small tannins (MW : about several hundred, MW distribution: 1.2). The MW of the other tannins was 3000-5000, and MW distribution of them was relatively wide (1.6). The tannins with smaller MW are supposed to influence the growth of plants because of its large amount in the bark, high osmotic pressure and others. However, as the mechanism is not still elucidated in detail to suppress the growth of plants, it is necessary to investigate the assignment from now on.

We manufactured the materials with the bark to suppress the growth of weeds for trial, and have investigated their properties. We hope they are commercialized by construction among the street trees in the near future.

Keywords : Bark, Tannin, Gel Permeation Chromatography, MW Distribution

はじめに

当所では、平成14年度から木質系廃棄物（スギやヒノキの樹皮）の有効利用に関する研究を行っており、これらの廃棄物に、熱及び光に対して安定であるフェルギノールという抗菌活性物質を多量に含有していることが判明したので、現在、建材用途として期待されるボードの開発に取り組んでいる¹⁻²⁾。一方、樹皮には植物の生育に悪影響を及ぼすことが経験的に知られており、今回は、樹皮が有する植物生長抑制作用について報告する。

これまで、樹皮中に含まれる物質が、植物の生育を阻害するという報告³⁻⁶⁾は数多くなされておられ、その物質として安息香酸、没食子酸などのフェノール性物質や縮合型タンニンなどが報告³⁻⁴⁾されている。

タンニンとは、フェノール性水酸基を有するポリフェノール類で、化学構造の違いから縮合型タンニンと加水分解型タンニンに分類される。樹皮に広く分布しているのは縮合型タンニンであり、スギやヒノキの樹皮には、乾燥重量に対して、約3%のタンニンを含有しているといわれている⁷⁾。また、樹皮には、環境から受ける様々なストレスに対する生体防御機能を有しており、その役割を果たしているのがタンニンと考えられている⁷⁻⁸⁾。本研究では、樹皮が植物の生長を抑制することを確認した上で、ゲルろ過クロマトグラフィー（GPC）により、樹皮から抽出したタンニンの分子量分画を行い、その分子量の違いによる抑制効果の影響を調査することで、抑制成分について若干の知見を得たので報告する。

当所では、これまでに、植物生長抑制効果を利用した雑草抑制材という新製品の設計・試作に着手しており、

将来的には、雑草の存在で多くの問題を抱えている、道路緑地帯や街路樹周辺等への敷設という形態で商品化させることを目的としている。

実験方法

1. 試料

樹皮：スギ、ヒノキ

植物：代表的な発芽生長試験用植物であるコマツナの他に、牧草や芝草などの様々な植物（下記参照）を、生長抑制試験に使用し、植物毎の抑制効果を観察した。

シャーレ試験

コマツナ、コガネマサリ

ポット試験

コマツナ、シロクローバー、クレーピング
トールフェスク、ケンタッキーブルーグラス
ペレニアルライグラス

2. 試薬

テトラヒドロフラン（THF）：HPLC用（和光純薬工業株式会社）

ピリジン：特級（含量99.5%，和光純薬工業株式会社）

無水酢酸：特級（含量97.0%，和光純薬工業株式会社）

GPC充填剤：Sephadex G25 superfine（シグマアルドリッチ株式会社）

GPC用標準試料：ポリスチレン標準，10種 各0.5g入り（低分子用STANDARD SL-105，昭和電工株式会社）

3. 植物生長抑制試験（シャーレ試験）

土は農業試験場本場の畑地土壌（無肥料）を、樹皮は、スギで2mm以下に粉碎したものを使用した。

・コマツナ

シャーレに土30g及び樹皮0, 0.5, 1, 3, 4, 6g加えたものに、25粒の種子をまき、生育状況を観察した。

・コガネマサリ

シャーレに土18g，土18g＋樹皮1.8g，土18g＋樹皮3.6g，樹皮3.6g添加したものの上に種子を25粒まき、生育状況を観察した。

4. 植物生長抑制試験（ポット試験）

1/5000アールポットに、下部に農業試験場本場の畑地土壌（無肥料）、上部にスギ及びヒノキ樹皮を3cmおよび6cm敷設して、全体の高さをポット上端から2cmとした。これに、コマツナ、シロクローバー、クレーピング、トールフェスク、ケンタッキーブルーグラス、ペレニアルライグラスという全6种植物の種子をまき、農業試験場本場の畑地土壌（無肥料）を対照として、その生長度を調査した。なお、1ヶ月生育後、ポットの内容物を流水にて洗い、植物の生育状況を観察した。

5. 植物生長抑制試験（抽出液試験）

500gのヒノキ樹皮を5Lの水に7日間浸漬し、減圧ろ過で抽出液を採取後、エバポレーターで、約100mLとなるように濃縮し、凍結乾燥した。凍結乾燥後の試料から、0.1%及び0.5%水溶液を調製し、6個の小型シャーレ上にろ紙をのせ、抽出物濃度が、それぞれ、0, 0.01, 0.05,

0.1, 0.25, 0.5%となるよう添加した。各シャーレ上に、コマツナの種子を10粒ずつまき、生育状況を観察することで、抽出物が生長抑制効果を発揮する濃度を調査した。

6. ゲルろ過クロマトグラフィー（GPC）

・分子量分画

植物生長抑制成分を解明する目的で、分子サイズの差に基づいて分離を行なう液体クロマトグラフィーの一種であるGPC法（Gel Permeation Chromatography）⁷⁾により、下記条件で抽出物の分子量分画を行った。

カラム：中空ガラスカラム（内径3cm, 高さ50cm）

充填剤：Sephadex G25 superfine

流速：4ml/分

移動相：超純水

100gのSephadexを、500mlの水であらかじめ膨潤させたものをカラムに充填した。分画は、前捨て100ml, fr1：100～150ml, fr2：150～200ml, fr3：200～300ml, fr4：300～400ml, fr5：400～500mlの計5画分を採取した。この操作を15回繰り返して、採取した各画分を、エバポレーターで濃縮後、凍結乾燥した。分画する前の抽出物（全体）についても同様に、濃縮後、凍結乾燥した。

・植物生長抑制試験（5画分の抽出液）

各画分について、0.5%となるよう水溶液を調製した。小型シャーレ上にろ紙をのせ、抽出物濃度が0.5%となるよう抽出液を添加した。各シャーレ上に、コマツナの種子を10粒ずつまき、生育状況を観察することで、各画分による植物生長抑制効果の違いを調査した。

・5画分の分子量分布（HPLC）

GPCでは高分子から順に溶出する特長があり、正確に分子量を測定した分子量分布の狭い標準物質を用いることで、平均分子量及び分子量分布を簡便に測定できる⁹⁾。本研究では、GPC用標準試料として、分子量分布の狭いポリスチレンで構成される、STANDARD SL-105を使用した。その分子量は以下の通りで、濃度は全て0.05% (wt/vol.) に調製し、下記条件で測定した（S-0.5 [Mp=0.58×10³], S-2.0 [Mp=1.99×10³], S-5.0 [Mp=5.03×10³], S-11 [Mp=10.7×10³], S-20 [Mp=19.9×10³])。

タンニンのアセチル化、分子量及び分子量分布の測定は、E, Cadahiaら（1996）の方法^{10~13)}に準じて行った。凍結乾燥後の全抽出物及び5画分、5～10mgに無水酢酸：ピリジン（1：1）2mlを添加し、一晩放置させることで、アセチル化させた。各反応液に水を添加することにより、アセチル化した物質が析出してくるため、減圧ろ過により、分離した。各析出物を、3～5mg/mlとなるようにTHFで溶解させたものを、HPLCによりGPC測定することで、各画分の分子量及び分子量分布を求めた⁹⁾。HPLC条件は下記の通りである。

カラム：μ Styragel 7.8mm×300mm, 1000Å

カラム温度：30℃

流速：1ml/分

移動相：THF

測定波長：270nm

注入量：20 μ l

7. 雑草抑制材の試作

2軸押出機及び木質ペレット成型機を用い、下記配合で2種類の雑草抑制材を試作した。2軸押出機は、シリンダ2: 80 $^{\circ}$ C, シリンダ3: 50 $^{\circ}$ C, シリンダ4: 70 $^{\circ}$ C, シリンダ5, 6: 140 $^{\circ}$ Cで、ペレット成型機は180 $^{\circ}$ Cで行った。

2軸押出機

乾燥樹皮 60 wt%
真珠貝殻 25 wt%
リグニン結合剤 8.0 wt%
コーンスターチ 7.0 wt%

木質ペレット成型機

80 wt%
10 wt%
10 wt%

8. 統計処理

対照群と各樹皮および抽出物処理群は一元配置分散分析により有意差を検定し、Bonferroni/Dunn法で多重比較検定を行った(危険率5%)。この処理にはStatcel (Windows版)を用いた。

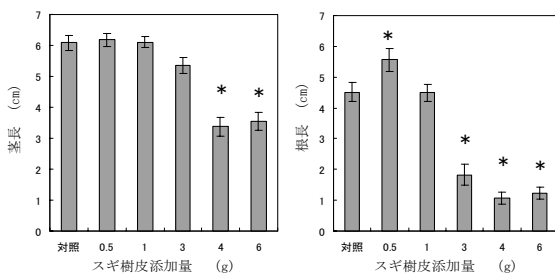
結果及び考察

1. シャーレ試験

コマツナ

図1に、播種から1週間後における、茎及び根の長さの平均値(n=10)を示す。スギの添加量に関わらず、ほとんど発芽はしたが、その後の生長度に差異が認められた。対照区と比較して、樹皮6g区では、茎長でおよそ1/2、根長でおよそ1/5までしか生長せず、樹皮添加量の増加にしたがい、茎及び根の生長度が小さくなる傾向が明らかであり、多重比較検定を行った結果、特にその影響は根に対して顕著であった。

参考までに、茎及び根の生育状況を写真1に示した。



Error bars represent S.E.M, $n = 10$. Asterisk indicates significantly different from control

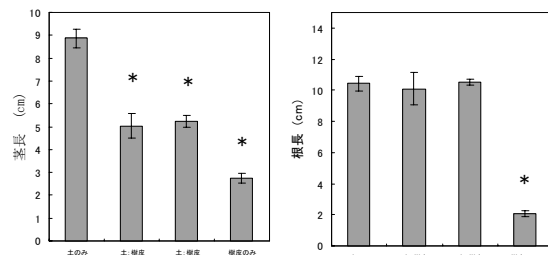
図1 樹皮添加量によるコマツナの生長度比較 (左) 茎長 (右) 根長

コガネマサリ

図2に、播種から11日後における、茎及び根の長さの平均値(n=20)を示す。コマツナと同様に、樹皮量の割合を問わず、ほとんどの種子が3日後までに発芽した。5日目から、生長度に差異があり、100%樹皮区は、対照区と比較して、全体的に、茎長も短く、発育の遅れが確認された。また、対照区では、根の発育が良好で、シャーレ下からも多くの根が確認できるが、樹皮の割合が高く

なるにつれて、根の発育が劣り、樹皮中への侵入をいひし、樹皮表面でわずかに伸長する傾向が認められた(写真2参照)。

多重比較検定を行った結果、茎長は、対照に対して、全ての条件で有意に生長が抑制された(危険率5%)。根については、樹皮を20wt%添加したのもでも、対照とほとんど生長度が変わらず、樹皮のみで生育させたもののみ、有意に生長が抑制される結果となった(危険率5%)。コマツナは、樹皮添加量に伴い、茎よりも根の生長が抑制されたが、コガネマサリは、根よりも茎の方が、成長を抑制する効果が大きい結果となった。



Error bars represent S.E.M, $n = 10$. Asterisk indicates significantly different from control

図2 樹皮添加量によるコガネマサリの生長度比較 (左) 茎長 (右) 根長

2. ポット試験

コマツナ

写真3に、播種から1ヶ月後における生育状況を示す。対照区と比較して、樹皮区の方の生長が劣っていることが分かる。対照区のコマツナは、地上部の発育は良好で、根も太く生長しているのに対して、樹皮区は、根が褐変し、短く、毛根の発生も少なく、地上部の発育も貧弱であり、生長が抑制されていた。また、スギとヒノキに差は認められなかった。樹皮3cm区を6cm区と比較すると、3cm区には、地上部の生長がやや良好なものが見られ、これは、根が3cmの樹皮層を通過して、下層の土壌層に達し、養水分が吸収できたためと考えられる。

シロクロローバー

写真4に、播種から1ヶ月後における生育状況を示す。コマツナ同様にシロクロローバーの生長度合を調査した結果、樹皮区の方で生長が劣っていた。1ヶ月後の観察結果では、地上部及び根の発育状況は、樹皮区で明らかに劣っており、コマツナ同様にシロクロローバーについても、樹皮区は生長が抑制される結果であった。シロクロローバーは、マメ科植物であり、根粒菌の付着が観察されるはずである。この観点から、1ヶ月後の植物体を観察してみると、対照区の根には根粒菌が付着しているが、樹皮区では、その存在がほとんど認められなかった。これは樹皮中の抗菌成分が根粒菌発生を抑制したものと推察される。樹皮3cm区と6cm区を比較すると、3cm区にはやや生長の良好な植物体が見られ、葉色は、対照区と明瞭な差が認められなかったが、6cm区での葉色は黄緑色

で明らかに生長阻害を受けており、対照区と明瞭な差が確認された。

クリーピング

写真5に、播種から1ヶ月後における生育状況を示す。コマツナ同様にクリーピングの生長度合を調査した結果、樹皮区の方で生長が劣っていた。1ヵ月後の観察結果では、地上部及び根の発育状況は、樹皮区で明らかに劣っており、コマツナ、シロクローバー同様にクリーピングについても、樹皮区は生長が抑制される結果であった。また、対照区は、分けつ数が平均約5本であるのに対し、樹皮3cm区では、分けつ数が多くても3本で、樹皮6cm区ではほとんど分けつしていなかった。樹皮3cm区では、上層の樹皮層では、根の発育が極めて貧弱で毛根もほとんど認められなかったが、下層の土壤層に到達したものは、毛根が発生し、地上部の発育をささえるという興味深い結果が得られた。

コマツナ、シロクローバー、クリーピング以外にトールフェスク、ケンタッキーブルーグラス、ペレニアルライグラスという植物で同様な試験を行った結果、全ての植物で同様な生長抑制が観察された。このことから、樹皮中には、植物による感受性の差はあるが、種々な植物の生長を抑制する作用があることが示唆され、雑草の生長抑制も適用できると考えられる。

3. 植物生長抑制試験（抽出液試験）

樹皮が、植物の生長を抑制する作用を有する原因として、安息香酸や縮合型タンニンなどの樹皮中に含まれる物質の影響の他に、C/N比の高い樹皮が、土壤中の窒素を吸収した結果、生じる窒素飢餓や、土壌より粒子の大きい樹皮中では、間隙が大きく、水分保持力が小さいため、養水分の吸収率が悪くなることによる影響などが考えられる。また、石井（1994）によると、スギ及びヒノキの樹皮が土壌中で分解する時に発生する、ピネンなどのテルペン類やエチレンなどのガスが、生育の阻害に関与しているとの報告がある⁴⁾。

このように、樹皮が有する植物生長抑制作用は、様々な原因が考えられているが、本研究では、樹皮中に存在する抑制物質の解明を目的としているため、樹皮からの抽出物に着目し、抑制効果を調査した。

写真6に、播種から1週間後における生育状況を示す。抽出物濃度が0.1%以下の区では、対照区（0%）と同様かそれ以上に発育した。抽出物0.25%区では、対照と比較して、茎が短く、生長が抑制されていた。また、抽出物0.5%区では、発芽はするものの、それ以降は、ほとんど生長せず、明らかな抑制効果が認められた。したがって、植物生長抑制効果が発現する最低濃度は、0.25%であった。

この抽出物は、樹皮中に含まれる水溶性の成分であるので、そのほとんどはタンニンと総称されるポリフェノールであると考えられる。樹皮中に広く存在している縮合型タンニンとは、複数分子のカテキン（d-カテキン、

1-エピカテキン、1-エピガロカテキン）が縮合したもので、図に示したようなフラバノール骨格を有している。このように、縮合型タンニンは、最小単位であるカテキンが複雑に縮合した化合物であるので、実際に単離精製され構造決定されているものは、せいぜいかテキンの3量体までであり、オリゴマーやポリマーは単離精製が困難とされている。今回は、植物の生長を抑制する成分の同定にあたり、まず、GPCによる成分の平均分子量及び分子量分布を調査した。

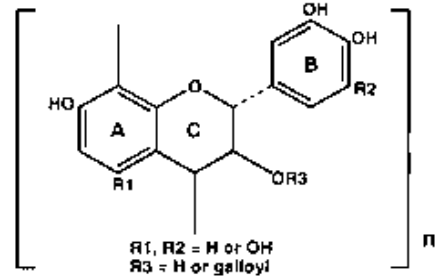


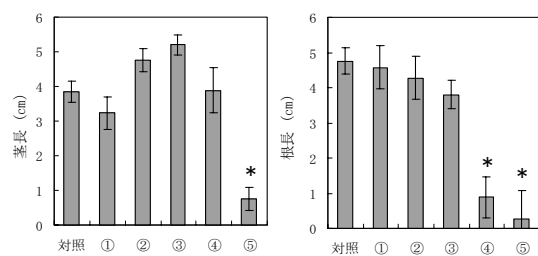
図3 縮合型タンニンの化学構造

4. ゲルろ過クロマトグラフィー（GPC）

植物生長抑制試験（5画分の抽出液）

3の試験結果から、抽出物濃度が0.5%であれば、コマツナに対して十分に、生長抑制効果を発現することが判明したので、GPCにより、分子量分画した5画分について、それぞれ0.5%の濃度でコマツナを播種した。1週間後の生育状況を写真7に示す。写真7から、分子量の大きい画分である①～③では、対照と同等かそれ以上にコマツナが生長しており、生長抑制効果は認められなかった。一方、低分子の画分である④及び⑤では、発芽率が6～7割で、発芽したのものでも、ほとんど生長せず、生長抑制効果が明らかに認められた。

各画分における、茎長及び根長を図4に示す。生長抑制効果は、1のシャーレ試験結果と同様、根に明らかに現れ、多重比較検定を行った結果、最も低分子である画分⑤で、対照に対して、茎及び根とも有意に生長を抑制する結果となった。次に低い分子量の画分である④では、茎長は対照と同程度であったが、根長で有意な差が認められた。それ以外の高分子画分（①～③）は、対照と同様に生長しており、抑制効果は観察されなかった。



Error bars represent S.E.M, $n = 10$. Asterisk indicates significantly different from control

図4 各分子量画分によるコマツナの生長度比較
茎長（左） 根長（右）

5画分の分子量分布 (HPLC)

標準試料である5種類の分子量を持つポリスチレンの溶出曲線を図3に示す。GPCでは高分子から順に溶出する特長があり、最大の分子量を有するSTD-20 (Mp=19.9 × 10³) が最も早く溶出し、分子量順に溶出していることが分かる。分子量の対数と溶出量は直線関係にあることが知られているため、各種ポリスチレンの溶出量から求めた検量線を図4に示す。図4に示した高い直線関係をもとに、あらかじめ分子量画分した5種類の抽出物の分子量分布及び平均分子量を求めた。

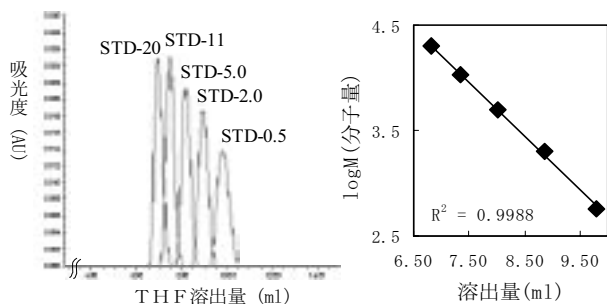


図5 ポリスチレン標準試料の溶出曲線 (左) と検量線 (右)

図5に、アセチル化した樹皮の水抽出物 (アセチル化タンニン) 全体の溶出曲線を示す。図5から、スギ樹皮が水により抽出されたタンニンは大きく2つに分類でき、第2ピークの物質が多量に含まれることが分かった。

上述したように、①～⑤の分子量画分を用いて、生長抑制試験した結果、①～③は抑制せず、④及び⑤で抑制したので、①～③は第1ピークに、④及び⑤は第2ピークに分類できると考えられる。

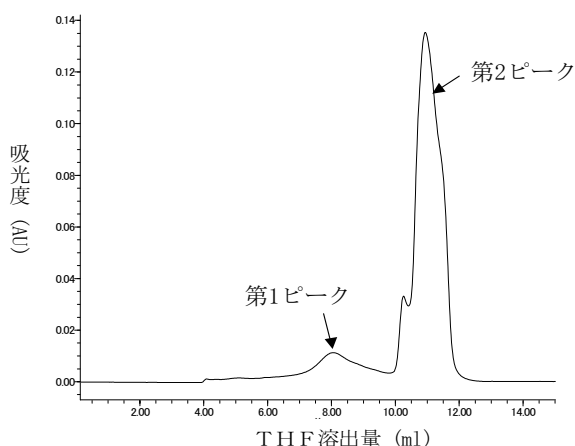


図6 樹皮の水抽出物全体の溶出曲線

図7に示したように、溶出量0.1mlごとに区分した後、各溶出量における吸光度から、図5の検量線を用いて、それぞれの溶出量に相当する分子量を求め、分子量と吸光度から、高分子数を求めた。各溶出量における吸光度、分子量及び高分子数から、図6に示した2つのピークの数平均分子量Mnと重量平均分子量Mwを求めた。

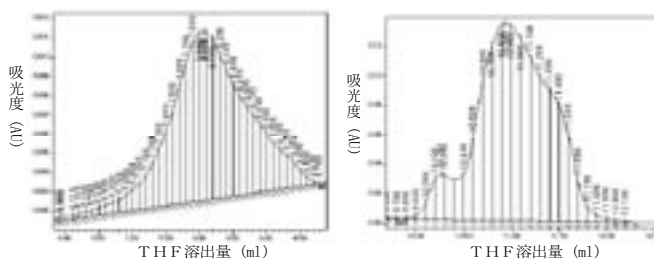


図7 平均分子量算出のため、0.1mlごとに分割したクロマトグラム (左) 第1ピーク (右) 第2ピーク

その結果を表1に示す。第1ピークは、第2ピークと比較して、早く、長い時間をかけて溶出していることと、吸光度が小さいことから、平均分子量及び分子量分布も大きい結果となった。2つのピークは、樹皮中に広く存在するとされる縮合型タンニンのアセチル化物であると推察できる。縮合型タンニンの最小単位はカテキン (図8) で、そのアセチル化物の分子量が約330であることを考慮すると、分子量が3000-5000である第1ピークの物質は、10~15分子のカテキン系の物質が縮合したものであると考えられる。即ち、高分子画分と考えられる①~③の分子量は、3000~5000程度であることが示唆された。

第2ピークの平均分子量は約170と、カテキン単体の分子量より小さい値を示しているが、これは、標準品に用いたポリスチレンとアセチル化タンニンの化学構造が異なること、及びポリスチレン標準品の最小分子量が580であり、それ以下の分子量は外挿で求めた値であるため、厳密には分子量を決定できないことによると思われる。樹皮に含まれるタンニンは、第2ピークの平均分子量が170であることから、第2ピークのほとんどが、カテキンの単体あるいは2量体で構成される物質であると考えられる。即ち、低分子画分である④~⑤の分子量は数百程度で、ヒノキの樹皮から水により抽出される物質のほとんどがこの画分であると推察できる。

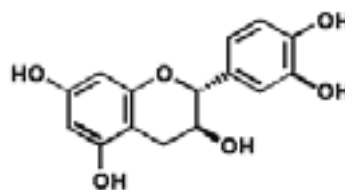


図8 d-カテキンの構造式

Eucalyptus camaldulensis (ユーカリ属の1種) の樹皮に含まれるタンニンの平均分子量は、Mn=2653, Mw=6842と報告されており¹⁰⁾, *Pinus longifolia* (マツ属の1種) の樹皮に含まれる縮合型タンニンは、Mn=3400, Mw=5900で、*Agathis australis* (ナギモドキ属の1種、カウリマツ) 樹皮中のそれは、Mn=2200, Mw=3200と報告されている¹¹⁾。

表1から、ヒノキの樹皮に含まれるタンニン (第1ピーク) の分子量は、Mn=3470, Mw=5585であり、上記した樹皮に含まれるタンニンの分子量と同程度であった。

表1 2つのピークの平均分子量及び分子量分布

	第1ピーク	第2ピーク
数平均分子量(Mn)	3470	150
重量平均分子量(Mw)	5585	178
ピークトップ分子量(Mp)	4734	177
分子量分布(Mw/Mn)	1.61	1.19

二つに大別できる抽出物の抑制効果を検討した結果、各画分について、0.5%という同じ濃度で試験したにもかかわらず、①～③の高分子画分では、生長を抑制せず、低分子画分で抑制する結果となった(写真7参照)。分子量が異なり、重量濃度が同じということは、モル濃度が異なることを示している。①～⑤へといくにつれ、分子量が低分子となるので、①～⑤にかけて、モル濃度が大きく、これは、シャーレ上の浸透圧が大きくなっていることと同義である。浸透圧が大きいと、植物は養水分を吸収できなくなるため、低分子画分において、コマツナの生育を阻害した原因の一つは、浸透圧も考えられる。

浸透圧が植物の生長に及ぼす影響を調査するため、④～⑤の低分子画分の分子量と同程度と考えられるショ糖を用いて、各濃度の水溶液を調製し、抑制試験した結果、0.5%濃度でも、対照区と同等に生長し、抑制効果は認められなかった。また、石井(1994)は、各種フェノール物質がカラタチの生育に及ぼす影響を、同じモル濃度で調査した結果、安息香酸やタンニン酸などでは、抑制効果が大きく、桂皮酸やクマリン酸などでは、効果がほとんどないと報告⁴⁾している。これらのことから、抽出液添加試験において、植物の生長を抑制するのは、浸透圧だけではなく、抑制物質の何らかの関与を示唆しているものである。今回の試験結果もさらに検討を加え、抑制作用の機構について、今後、解明が必要である。

5. 雑草抑制材の試作

前節までで、スギ及びヒノキ樹皮が植物に対して発芽・生長抑制作用を有することが判明し、その物質について、若干の検討を加えた。ここでは、樹皮が有する抑制効果に着目して、有効利用を図る方法を検討した。その一つに雑草抑制材A及びB(写真8, 9参照)を試作した。これには、増量材として、廃棄処分に困っている真珠貝を含むため、廃棄物の再資源化の観点から、循環型社会の構築など地域産業の活性化に貢献できると期待している。(真珠貝殻発生量:約230トンH14真珠組合調査)なお、雑草抑制材については、特許出願中である。

雑草抑制材Aの製法は、コーンスターチを使用し、2軸押出機で連続製造した。雑草抑制材Bの製法は、熱硬化性のリグニン結合剤を使用して製造しており、いずれの試作品もかなりの期間、自然界において、型崩れを起こさず、抑制材としての機能を保つと考えられる。

この点に関しては、今後、長期間のフィールド試験を行う予定である。

まとめ

- 1 シャーレ試験の結果、樹皮量の多い区では、茎及び根の長さが、対照区と比較して、有意な差が認められ、生長抑制が観察された。
- 2 全6種類の植物で行ったポット試験の結果、全種とも、樹皮区は、地上部及び根の発育が貧弱で、生長が抑制されていた。
- 3 樹皮の抽出物濃度が0.5wt%と一定条件下のもと、各分子量画分で、コマツナの生長試験した結果、低分子画分で抑制効果が認められた。
- 4 ヒノキ樹皮中の抑制効果を発現する物質は、分子量が数百程度の低分子画分であった。
- 5 樹皮が有する植物生長抑制効果に着目し、雑草抑制材を試作した結果、自然界において、十分に長期間、機能を保持できると思われるものが製造できた。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、久万広域森林組合久万事業所にはスギ・ヒノキ樹皮の提供を、雪印種苗(株)岡山営業所、花き総合指導センターには植物種子の提供を頂いた。また、農業試験場、松山中央地域農業改良普及センターには植物栽培試験のご指導を、(株)日本製鋼所広島製作所、新興工機(株)には抑制材製作にあたりご指導を頂いた。ここに記し、感謝の意を表します。

文 献

- 1) 山内正信ほか：愛媛県立衛生環境研究所年報, 5, 51-57 (2002)
- 2) 山内正信ほか：第12回環境科学討論会講演要旨集, 64-65 (2003)
- 3) Rice, E. L.: Allelopathy, 243-244, 260-262 (1974)
- 4) 石井孝昭：愛媛大学教育学部紀要 第三部 自然科学 第14巻 101-211 (1994)
- 5) 河田弘：バーク(樹皮)堆肥 製造・利用の理論と実際 (1981)
- 6) 佐藤俊：畜産の研究 30 227-230 (1976)
- 7) 大原誠資：平成13年度 森林総合研究所 研究成果発表会
- 8) M. AOYAMA et al: Mokuzaizai Gakkaishi Vol. 29 No. 12 930-934 (1983)
- 9) 竹内次夫ほか：ゲルクロマトグラフィー基礎編 (1972)
- 10) E. Cadahia et al: Chromatographia Vol. 42, No. 1/2, 95-100 (1996)
- 11) Vincent M. et al: Phytochemistry, Vol. 22, No. 2, 569-572 (1983)
- 12) Carole V. et al: Journal of Chromatography A 662, 77-85 (1994)
- 13) Estrella C. et al: J. Agric. Food Chem. 49, 3677-3684 (2001)