

木炭およびその炭化過程で得られる  
各種成分の高度利用に関する研究

大 矢 信次郎  
一ノ瀬 幸 久  
馬 渡 栄 達

## 木炭およびその炭化過程で得られる各種成分の 高度利用に関する研究

大 矢 信次郎  
一ノ瀬 幸 久  
馬 渡 栄 達

### 要 旨

木炭とその副産物である木酢液について、新たな利用技術の検討を行ったところ、次のような結果が得られた。

①木炭（粉炭）の林業用苗木生産における土壌改良材としての利用法を検討した。ヒノキ・カラマツ・コナラの播種床に施用したところ、カラマツについては粉炭の施用量に比例して地上部・地下部とも成長量は大きくなったが、ヒノキとコナラについては効果が認められなかった。

②木炭と木酢液の微生物活性促進材としての利用法を検討した。菌床シイタケとナメコの菌床培地に粉炭を混合した試験では、どちらも増収効果は認められなかった。また、エノキタケの廃菌床を堆肥化するために木炭と木酢液を添加したところ、無添加区に比べて発熱温度が高いことが認められ、木炭・木酢液に発酵促進効果があることが示唆された。

③木酢液の殺菌効果を調べるため、原木シイタケ用ほだ場への散布効果の検討と微生物用寒天培地への添加効果の検討を行った。ほだ場土壌に木酢液を散布したところ、散布直後にバクテリア・放線菌・糸状菌とも一時的に減少する傾向が見られたが、その効果は持続しなかった。寒天培地に木酢液を添加し土壌微生物の発菌を調べたところ、培地中の木酢液濃度が0.1%程度の場合、バクテリアの成長が抑制され、糸状菌・放線菌には影響がなかった。

④炭材の樹種・採取時の煙道口温度による木酢液の品質特性を調査した。採取時の温度が高くなるにつれて比重・酸度は上がり、pHは下がっていく傾向が見られた。また、広葉樹の木酢液は針葉樹に比べて比重・酸度が高く、シイタケ廃ほだ木の木酢液は、原木のコナラに比べて比重・酸度とも低かった。

### 1. はじめに

木炭は、かつて燃料として欠かせない存在であったが、いわゆる燃料革命によってその地位は石油やガスに取って変わられた。以来、その需要は激減し、現在の生産量は最盛期の2%以下にまで落ち込んでいる。しかし近年、木炭の多孔質の物性等が注目され、土壌改良・調湿・脱臭など、燃料以外の分野にも利用されるようになってきた。また、木材炭化副産物である木酢液は、200種類以上の有機化合物を含み、植物の活性化および病虫害防除、殺菌、害虫や害獣の忌避、民間療法など、様々な分野で利用され、その効果が注目されている<sup>(1)</sup>。

しかしながら、木炭・木酢液とも多くの利用事例があるものの、その効果の科学的立証が困難なものも多く、一般的な利用指針等が示されていない。そのため、利用分野によっては一時的なブームに終わりがねないことも懸念されている。

そのため本研究では、木炭や炭化副産物である木酢液などを広く普及し、山村における木炭生産を振興するために、これらの具体的な利用方法を確立することを目的として、用途に合わせた木炭の混合割合や木酢液の有効濃度を検討した。

## 2. 試験方法

### (1) 木炭の林業用苗木生産における土壌改良材としての利用法の検討

木炭は多孔質であるため、保水性や通気性に優れていることから、昭和61年に地力増進法において土壌改良資材に認定され、一般に利用されるようになってきた。本試験では、林業用苗木のヒノキ・カラマツ・コナラの播種床の土壌に粉炭を加え、苗の成長に与える影響を調べた。

ヒノキおよびカラマツの播種床として、苗畑に1m×1mの区画をそれぞれ5ヶ所設定し、対照区（無施用区）・粉炭100g施用区・300g施用区・500g施用区・1,000g施用区とした。粉炭は、区画内の土壌に深さ約10cmの範囲内で混合し、各区にヒノキ・カラマツの種子をそれぞれ播種した。当年秋に掘取り、地上部と地下部の乾燥重量を測定した。なお、使用した粉炭は粒径1mm以下の微粉炭であり、本研究では以下すべて同一のものを使用した。

また、コナラの播種床として、直径約15cmのビニールポットを用いて、対照区（山土のみ）・粉炭10%混合区・30%混合区・50%混合区を設け、各区10ポットずつ計40ポットにコナラ種子を5粒ずつ播種し、苗木の得苗率・成長量等を調査した。ポットは土に埋設し、乾燥しない程度に散水管理した後、当年秋に掘取り、苗高・直根長等を計測した。

### (2) 木炭・木酢液の微生物活性促進材としての利用法の検討

木炭は、その無数の孔が特定の微生物の“住みか”となって、その成長を助ける働きがあることが知られている<sup>(2)</sup>。本試験では、菌床栽培きのこおよび発酵微生物に木炭・木酢液がどのような影響を与えるか調べた。

#### ア キのこ菌床への木炭添加試験

シイタケおよびナメコの菌床培地に粉炭を加えることによって、子実体の増収が図れるか検討した。

シイタケについては、ブナオガ粉・コメヌカ培地に粉炭を容積比で0.5%・1%・5%・10%添加し（表-1）、フィルター付PP袋に1.2kgずつ詰め込んで殺菌し、種菌（北研600号）を接種した。培養は20℃で173日間行い、発生温度12℃で100日間収穫量を調査した。

ナメコについては、ブナオガ粉・フスマ培地に粉炭を0.5%・1%・5%・10%添加し（表-2）、800cc広口ビンに詰め込んで殺菌し、種菌（北研N103号）を接種した。培養は20℃で80日間行い、発生温度15℃で51日間収穫量を調査した。

表-1 粉炭添加菌床シイタケ培地

培地組成	培地含水率 (%)	培地pH	供試数
ブナオガ粉：コメヌカ=10：2	68.0	5.9	8袋
同上 + 粉炭 0.5 %	67.7	6.1	5袋
同上 + 粉炭 1 %	67.3	6.1	5袋
同上 + 粉炭 5 %	64.1	6.8	5袋
同上 + 粉炭 10 %	60.7	7.0	5袋

表-2 粉炭添加ナメコ培地

培地組成	培地含水率 (%)	培地pH	供試数
ブナオガ粉：コメヌカ=10：2	67.1	5.7	12本
同上 + 粉炭 0.5 %	66.8	5.9	12本
同上 + 粉炭 1 %	68.3	6.0	12本
同上 + 粉炭 5 %	63.8	6.6	12本
同上 + 粉炭 10 %	60.1	6.8	12本

### イ エノキタケ廃菌床への木炭・木酢液混合による堆肥化促進効果の検討

きのこの菌床栽培後に大量に廃棄される培地（廃菌床）は、堆肥化するなどの有効利用が求められているが、エノキタケ栽培では、スギなどの針葉樹のオガ粉を用いるため、堆肥化が難しい。そのため本試験では、エノキタケの廃菌床に木炭と木酢液を加えることによって、発酵が促進できるか検討した。試験区分は、次のとおりである。

- No.1 廃菌床のみ（対照区）
- No.2 廃菌床 + 鶏糞 + 尿素
- No.3 廃菌床 + 鶏糞 + 尿素 + 粉炭

No.4 廃菌床+鶏糞+尿素+粉炭+木酢液

[鶏糞：廃菌床重量の10%、尿素：廃菌床1 m<sup>3</sup>当たり10kg、粉炭：廃菌床1 m<sup>3</sup>当たり10ℓ、木酢液：廃菌床1 m<sup>3</sup>当たり100倍希釈液を10ℓ]

以上を含水率約55%に調整し、縦1 m×横1 m×高さ1.5mの木枠内にそれぞれ1.5m<sup>3</sup>ずつ積み込んだ(平成4年7月8日)。以後、発酵の進行状況を把握するために、各試験区ごとに中心部3ヶ所の温度測定を行った。切り返しは、積み込み1ヶ月後と2ヶ月後に行った。なお、使用した木酢液は、コナラを炭材として黒炭窯から採取されたもので、本研究では以下すべて同一のものを使用した。

また、その試験結果をふまえて、比較的堆肥化促進効果が期待できそうであったNo.4の追試と、鶏糞に代えて牛糞を用いたものの試験を次年度に行った。試験区分は、以下のとおりである。

No.5 廃菌床+鶏糞+尿素+粉炭+木酢液

No.6 廃菌床+牛糞+尿素+粉炭+木酢液

[鶏糞：廃菌床重量の10%、牛糞：廃菌床重量と同量、尿素：廃菌床1 m<sup>3</sup>当たり10kg、木炭(粉炭)：廃菌床1 m<sup>3</sup>当たり10kg、木酢液：廃菌床1 m<sup>3</sup>当たり100倍希釈液を10ℓ]

以上を含水率約65%に調整し、縦2 m×横2 m×高さ1.5mの木枠内にそれぞれ6 m<sup>3</sup>ずつ積み込んだ(平成5年6月2日)。以後、各試験区ごとに上部(高さ1.2m)・中央部(高さ0.7m)・下部(高さ0.2m)の3ヶ所の温度測定を行った。切り返しは、積み込み1ヶ月後に行った。

(3) 木酢液の殺菌効果の検討

木酢液の殺菌効果を検討するため、原木シイタケほだ場の土壌への散布と、寒天培地への添加を試みた。

ア 連年使用ほだ場への木酢液散布試験Ⅰ

原木シイタケ栽培における天然ほだ場の連年使用は、シイタケの害菌であるトリコデルマ菌等の発生を促進するといわれており<sup>(3)</sup>、イヤ地化の解消法が求められていることから、木酢液によるほだ場の土壌微生物の殺菌を検討した。

連年使用している当センターのシイタケ天然ほだ場(コナラーアカマツ混交林)に、2 m×2 mの試験区を4ヶ所設け、木酢液を4種類の濃度(2倍・10倍・50倍・250倍)に水道水で希釈した後、各試験区に10ℓずつ散布した。

土壌微生物数調査は木酢液散布前の1994年11月2日、木酢液散布1日後の11月10日、8日後の11月17日、38日後の12月15日に行った。土壌のサンプリングは、木酢液散布区では各試験区内でA層上部をランダムサンプリングし、対照区(非散布ほだ場および隣接アカマツ林)では、それぞれの範囲内においてA層上部をランダムサンプリングした。

サンプリング後、希釈平板法により各区の土壌微生物数を調べた<sup>(4)</sup>。溶解させた土壌抽出液寒天培地<sup>(4)</sup>100mlに、滅菌水で調製した10<sup>4</sup>倍土壌希釈液を5 ml加え、滅菌シャーレ5枚に分注し、20℃で4日間培養した後、バクテリアと放線菌のコロニーをそれぞれ数えた。また、ローズベンガル寒天培地<sup>(4)</sup>100mlに10<sup>3</sup>倍土壌希釈液を5 ml加え、同様に培養した後、糸状菌のコロニーを数えた。

イ 連年使用ほだ場への木酢液散布試験Ⅱ

ほだ場の土壌微生物数の木酢液散布前後の増減を明確にするため、木酢液散布区および非散布区において、散布前後について各3回、計6回土壌微生物調査を行った。

当センター内の天然ほだ場に2 m×2 mの区画を6ヶ所設け、そのうちの3区画を木酢液散布区とし、3区画を非散布区とした。木酢液散布前に土壌微生物数を調査した後、散

布区に木酢液（5倍希釈液）を10ℓずつ散布し、その1日後に再び土微生物数を調査して散布前後の微生物数を比較した。土壌微生物数は、前記のアと同様に、希釈平板法により調査した。

ウ 木酢液添加寒天培地による土壌微生物の殺菌効果の検討

木酢液を添加した寒天培地の土壌微生物に対する殺菌効果について検討した。

当所の天然ほだ場のA層上部の土壌を採取し、溶解した寒天培地に土壌希釈液（土壌抽出液寒天培地には $10^4$ 倍希釈液、ローズベンガル寒天培地には $10^3$ 倍希釈液）を5ml加え、更に木酢液希釈液（2倍・10倍・50倍・250倍液・0倍）を5ml添加した。各培地を滅菌シャーレ5枚に分注し、20℃で4日間培養した後、バクテリア・放線菌・糸状菌のコロニー数を調べた。

(4) 炭材および採取温度の違いによる木酢液の品質変化の把握

木酢液の品質は、生産者の採取方法や、使用する炭材の樹種や窯の違いなどによって、異なるといわれている<sup>(5)</sup>。そのため、木酢液を使用する際には、それぞれの木酢液の特性に合わせた使い方をしなければならず、一律に使用基準を定めることが難しい。このことは、木酢液の利用拡大の妨げとなっており、品質の安定化が求められている。本試験では、炭材と採取温度の違いによって、木酢液の品質がどのように変化するか調べた。

当センターのドラム缶窯を用いて、コナラ・アカマツ・カラマツ・シイタケ栽培廃ほだ木（樹種：コナラ）をそれぞれ炭化し、煙道口の煙の温度を測定しながら段階的に木酢液を採取した。採取温度は80℃以下・80～150℃・150℃以上を基準とした。採取した粗木酢液を3カ月以上静置した後、中間層を取り出して濾過し、比重・酸度・pH等を測定した。比重の測定には標準比重計を用いた。酸度は、木酢液1mlをイオン交換水で100倍に希釈し、フェノールフタレイン溶液を数滴加えて0.1NのNaOHで滴定し、含まれるすべての有機酸を木酢液の主成分である酢酸とみなして%濃度で示した。色は、試験管に試料の木酢液を入れて並べ、白紙をバックにし目視により判定した<sup>(6)</sup>。

### 3. 結果と考察

(1) 木炭の林業用苗木生産における土壌改良材としての利用法の検討

結果は図-1・2および表-3のとおりである。ヒノキについては、木炭100g区は対照区とほとんど差がなかったが、300g以上施用した各区では、施用量が増えるにつれて、地上部・地下部とも成長量は小さくなった。一方、カラマツについては、対照区の成長量が最も小さく、500g区までは施用量が増えるにしたがって成長量は大きくなった。1,000g区では500g区より成長量は幾分小さくなったものの、良好な成長を示した。

コナラについては、炭の施用による成長促進効果は認められなかった。苗高は試験区間の差はあまりなかったが、50%区では若干成長阻害を受けたと思われた。直根長は木炭を施用することで短くなる傾向が見られた。これは、粒径の細かい粉炭を使用した土壌の通気性が悪くなったことや、土壌含水率が粉炭の施用量に比例して上がり過湿状態になったことなどから、根の成長が阻害されたものと考えられた。また、土壌のpHは粉炭の施用量に比例して上がり、50%区では約7まで上がったことも、弱酸性土壌を好むコナラの成長を阻害した要因と考えられた。

以上のように、カラマツでは良好な成長を示したものの、ヒノキとコナラについては、粉炭の施用が成長を阻害する要因になったと考えられることから、播種床への粉炭の施用は、樹種ごとに検討してゆく必要があると考えられた。また、施用量だけでなく、木炭の粒径についても検討する必要があると考えられた。

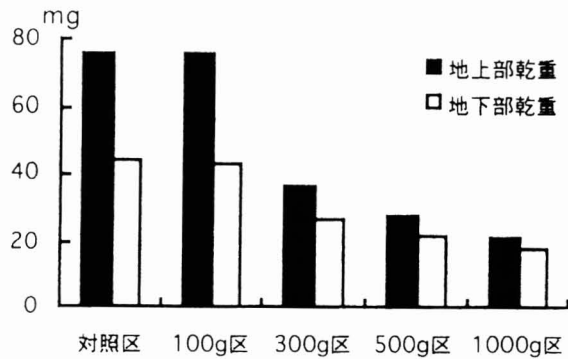


図-1 ヒノキ播種床への木炭施用試験結果

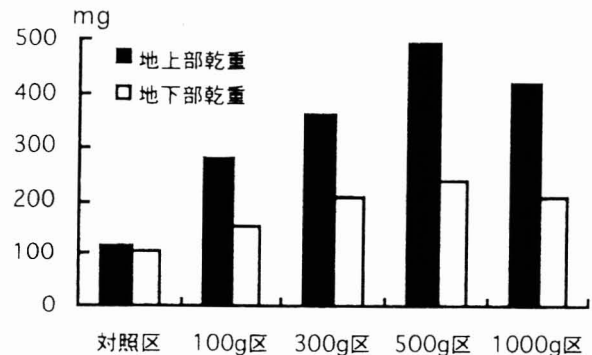


図-2 カラマツ播種床への木炭施用試験結果

表-3 コナラ苗床への粉炭施用試験結果

試験区	平均苗高 (cm)	平均直根長 (cm)	掘取時土壌含水率(%)	掘取時土壌pH	発芽率 (%)	枯死率 (%)	得苗率 (%)
対照区	7.5	40.0	43.8	4.7	84.0	14.3	85.7
粉炭10%施用区	7.8	34.8	46.2	5.4	84.0	19.0	81.0
粉炭30%施用区	7.1	34.1	47.2	6.3	84.0	14.3	85.7
粉炭50%施用区	6.6	33.7	48.5	6.9	72.0	8.3	91.7

(2) 木炭の微生物活性促進材としての利用法の検討

ア きのこと菌床への木炭添加試験

結果は表-4・5のとおりである。菌床シタケについては、子実体個数は粉炭の添加量が増えるにつれて5%までは増加傾向を示し、10%では減少した。収量は粉炭1%まではほとんど影響がなかったが、5%から減少傾向を示し、10%では極端に収量が落ちた。個重は対照区が最も大きく、粉炭の添加量が増加するほど小さくなった。ナメコについては、対照区の収量が最も多く、粉炭を添加した培地の収量はいずれも減少した。

培地pHは、菌床シタケ・ナメコとも粉炭の添加量が増えるほど高くなり、10%ではどちらも7程度まで上がった(表-1・2)。シタケ菌とナメコ菌の発育に好適な培地pHの範囲は、弱酸性の4~6である<sup>(3)</sup>ため、アルカリ性である木炭を添加することによって、pHが上がり、菌糸伸長が阻害されたと考えられた。また、今回は水分調整したオガ粉培地に乾いた粉炭を混入したため、添加量が増すにつれて培地含水率は下がり、10%添加では収量減少が顕著となった。

表-4 粉炭添加培地におけるシタケの子実体発生量

培地組成	生重量(g)	個数	個重(g)
ブナオガ粉:コメカ=10:2	387.9	21.4	18.1
同上+粉炭0.5%	379.2	22.6	16.8
同上+粉炭1%	399.4	25.2	15.8
同上+粉炭5%	348.6	26.2	13.3
同上+粉炭10%	191.6	16.8	11.4

表-5 粉炭添加培地におけるナメコの子実体発生量

培地組成	生重量(g)	個数	個重(g)
ブナオガ粉:コメカ=10:2	113.2	73.8	1.5
同上+粉炭0.5%	78.9	48.6	1.6
同上+粉炭1%	72.1	39.7	1.8
同上+粉炭5%	96.9	74.9	1.3
同上+粉炭10%	88.6	53.5	1.7

イ エノキタケ廃菌床への木炭・木酢液混合による堆肥化促進効果の検討

No.1~No.4の内部温度の推移は、図-3のとおりである(中心部3ヶ所の平均)。各試験区で最高温度に達したのは、積み込みから3~5日後で、No.1が44.6℃、No.2が49.7℃、No.3が54.3℃、No.4が58.4℃を記録した。粉炭と木酢液を加えたNo.4が最も温度が高く、次いで粉炭を加えたNo.3の温度が高かった。その後、各区とも徐々に温度



が下がっていったが、No. 4 と No. 3 は No. 1 と No. 2 より高い温度で推移したことから、木炭と木酢液が堆肥化を促進する可能性が示唆された。木炭のみでも発酵が促進されるが、さらに木酢液を加えることによって、より発酵が促進されると考えられる。しかし、堆肥化の一応の目安とされている60℃には達しなかったことから、水分・添加材料・堆積量等について再検討する必要があると考えられた。

次年度に試験を行ったNo. 5 およびNo. 6 の内部温度の推移は、図-4・5 のとおりである。両試験区とも最高温度は53℃程で、鶏糞と牛糞の間には差が認められなかった。しかし、前年度の試験 (No. 1～4) では積み込み後約80日 (9月下旬) で30℃以下に下がっていたことに対し、当年度は積み込み後約150日 (11月初旬) まで30℃以上の温度を保っていた。前年度に比べて、含水率が高かったことと、堆積量が多かったことが、堆肥化に好影響を与えたものと考えられた。

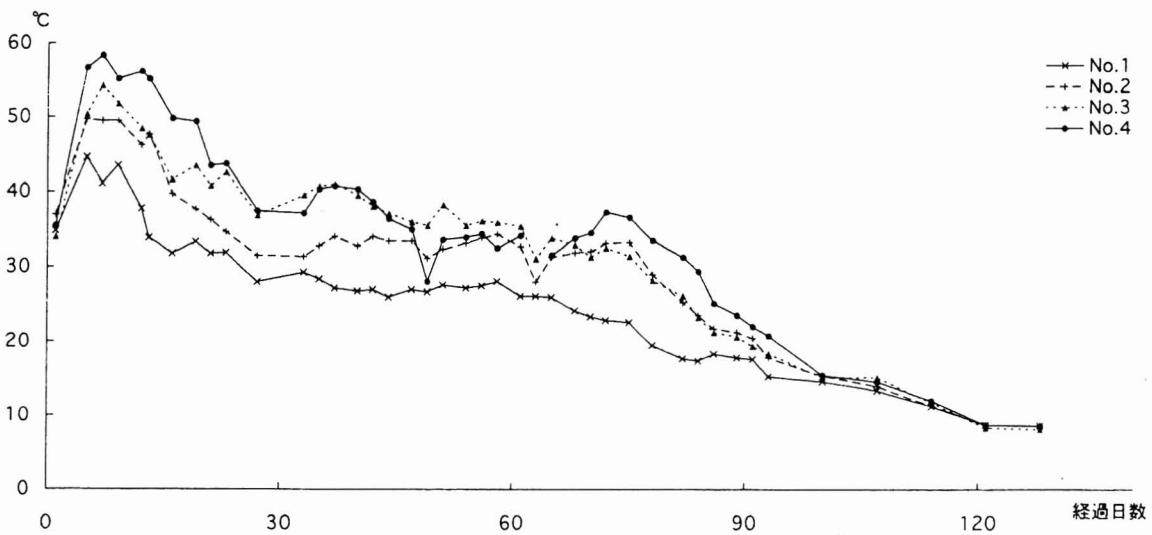


図-3 廃菌床堆肥の内部温度推移

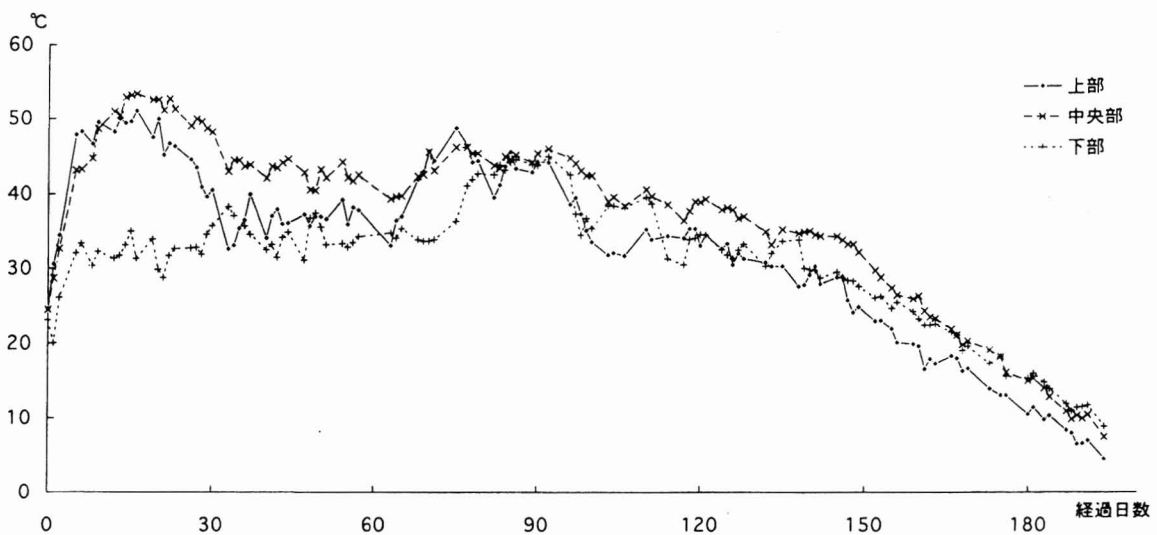


図-4 粉炭・木酢液を混入した廃菌床・鶏糞堆肥の内部温度推移

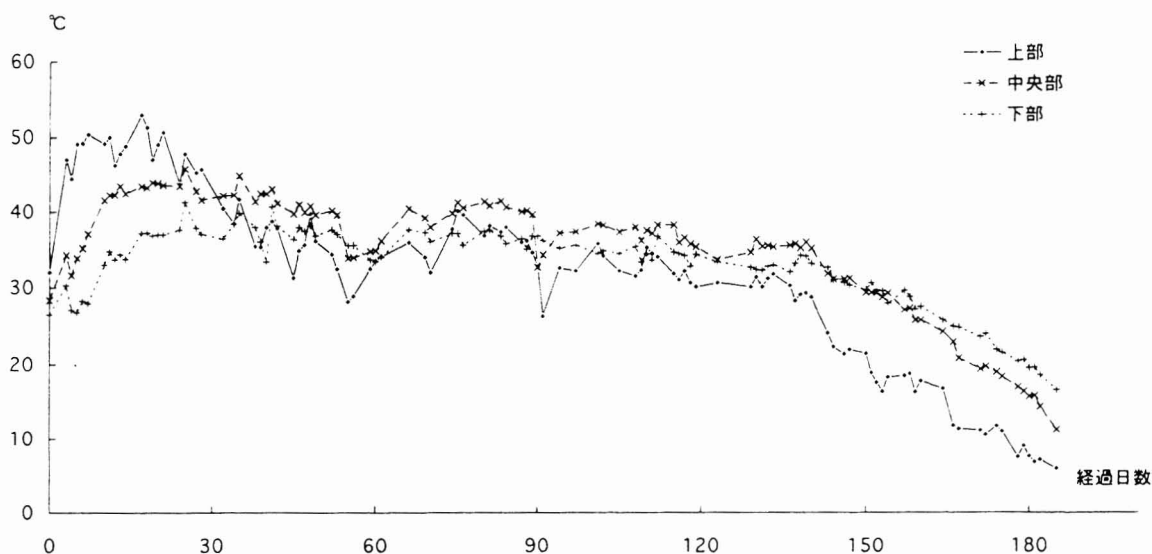


図-5 粉炭・木酢液を混入した廃菌床・牛堆肥の内部温度推移

### (3) 木酢液の殺菌効果の検討

#### ア 連年使用ほだ場への木酢液散布試験

土壤微生物数調査の結果を表-6に示した。また、各区の散布前の微生物数を1とした、バクテリア・放線菌・糸状菌の増減比を図-6～8に示した。

まず、バクテリアについて散布1日後の菌量をみると、散布区では非散布区に比べ同等若しくは減少傾向を示し、木酢液散布濃度と比例して濃いものほど減少していた。散布8日後の菌量でも、散布区は非散布区と同等若しくはやや減少しているが、絶対量は増えている。そして、36日後においてもこの傾向は大きく変わっていない。これらのことから、バクテリアに対する木酢液の殺菌効果は、濃度に比例して高いが、その効果は一時的であり、約1週間ほどで元の水準に戻ると考えられた。一方、隣接アカマツ林では、日が経つにつれてバクテリア数は減少していった。この傾向は放線菌・糸状菌でも見られ、季節的变化によるものと考えられた。

次に、放線菌について散布1日後の菌量をみると、散布区では非散布区に比べいずれも減少しており、木酢液濃度とほぼ比例して濃いものほど減少した。散布8日後の菌量でも散布区は非散布区と同等若しくは減少していた。しかし、36日後では逆転して散布区が上回る傾向となった。したがって、放線菌に対する木酢液の殺菌効果は、散布直後は濃度が高いほど顕著に見られるが、日数が経過するにしたがい濃度が高いほど逆に放線菌の増殖を助けるように考えられた。

また、糸状菌について散布1日後の菌量をみると、非散布区に対して散布区全体で減少したが、木酢液濃度との関係は認められなかった。散布8日後でも散布区は非散布区に比べ同等若しくは減少していた。しかし、36日後は散布区全区が非散布区を上回る状態となっていた。これらの傾向はほぼ放線菌と同様であり、糸状菌においても木酢液散布直後は殺菌効果が認められるものの、日数が経過するにしたがい増殖に結びつくように考えられた。

以上の結果から、木酢液は散布直後にはバクテリア・放線菌・糸状菌とも抑制する効果が認められた。しかし、その効果は1週間程度しか持続せず、散布してから約1ヶ月後には、逆に放線菌・糸状菌を増殖させると考えられた。その原因としては、木酢液の殺菌成分が短期間のうちに効力を失い、その後に木酢液に含まれる何らかの成分が、放線菌や糸状菌の成長を助ける働きがあることや、殺菌されなかった一部の種が優占してくることな



表-6 ほだ場土壌の微生物数変化

試験区	調査日				バクテリア数 (×10 <sup>5</sup> 個)				放線菌数 (×10 <sup>5</sup> 個)				糸状菌数 (×10 <sup>4</sup> 個)			
	11/2	11/10	11/17	12/15	11/2	11/10	11/17	12/15	11/2	11/10	11/17	12/15	11/2	11/10	11/17	12/15
	散布前	1日後	8日後	36日後	散布前	1日後	8日後	36日後	散布前	1日後	8日後	36日後	散布前	1日後	8日後	36日後
2倍区	9.1	3.7	9.3	9.6	10.9	4.5	2.5	12.6	17.5	11.2	3.5	44.0				
10倍区	8.8	5.1	10.4	6.7	7.8	3.1	2.0	3.5	53.3	15.4	7.3	16.6				
50倍区	18.0	10.7	29.1	21.3	12.1	6.9	7.2	7.8	19.0	5.5	8.1	12.8				
250倍区	11.3	22.9	16.4	16.1	8.7	9.6	4.0	2.2	29.0	10.4	8.4	11.5				
非散布ほだ場	8.1	23.9	23.8	13.1	12.7	14.5	6.5	3.3	22.1	20.6	9.0	8.9				
隣接7カマツ林	27.7	9.5	12.5	5.7	5.9	1.3	2.7	1.0	11.3	5.5	4.7	5.1				

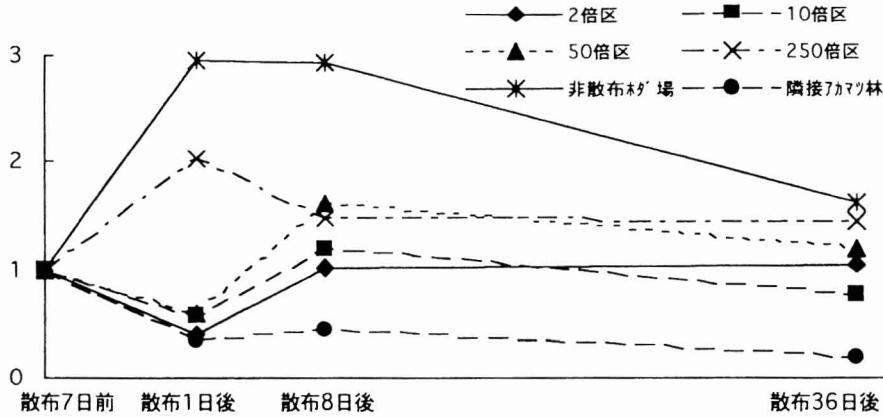


図-6 木酢液散布によるほだ場土壌のバクテリア数の増減

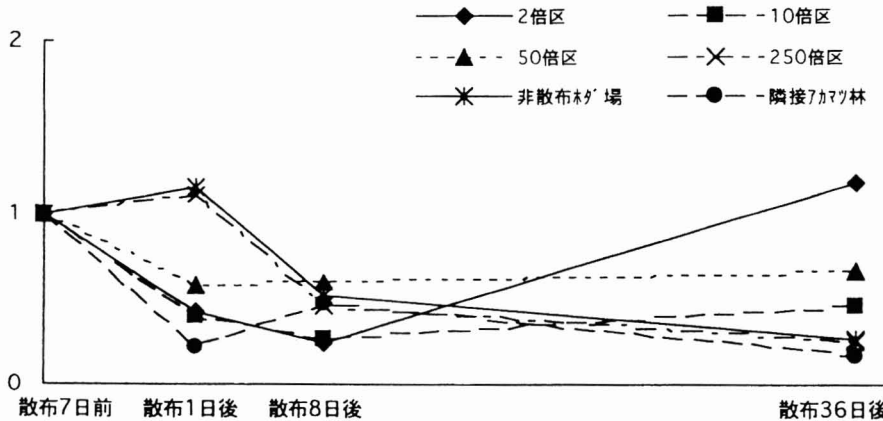


図-7 木酢液散布によるほだ場土壌の放線菌数の増減

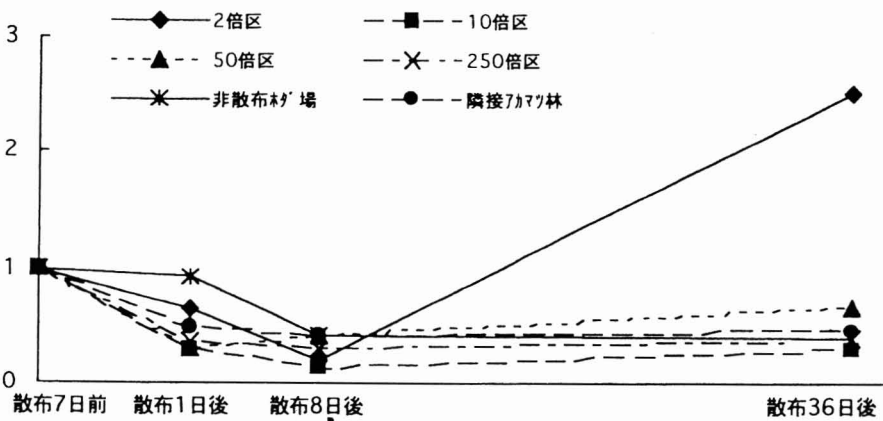


図-8 木酢液散布によるほだ場土壌の糸状菌数の増減

どが考えられる。ほだ場におけるシイタケの害菌の大半は糸状菌であることを考えると、今回の結果からは、木酢液の散布が基本的なほだ場の微生物環境の改善に有効とは認められなかった。

イ 連年使用ほだ場への木酢液散布試験

各回の土壤微生物数調査結果は表-7のとおりである。1回目の調査での各区の微生物数を1とし、その後の微生物数の増減を図-9~11に示した。木酢液を散布したのは2回目・4回目・6回目の調査の各前日の計3回である。

細菌については、木酢液散布区では散布1日後の各調査で前回に比べ数が減り、次の調査時には元の数に近づく傾向が認められた。一方、対照区では1・2区がほぼ平衡であったが、3区では変化が大きく、サンプリングの影響と考えられた。

放線菌については、細菌と同様、木酢液散布区では散布1日後に数が減少する傾向が見られたが、次の調査時には元の数を若干上回るほど増加することが多かった。

表-7 ほだ場土壌の微生物数変化

調査日 試験区	細菌数 (×10 <sup>5</sup> 個)						放線菌 (×10 <sup>4</sup> 個)						糸状菌 (×10 <sup>4</sup> 個)					
	6/30	7/20	8/18	9/5	11/17	12/1	6/30	7/20	8/18	9/5	11/17	12/1	6/30	7/20	8/18	9/5	11/17	12/1
対照区1	29.7	21.0	20.3	17.4	27.2	32.2	66.7	52.6	22.9	12.7	40.5	42.8	9.4	10.6	4.3	1.3	2.3	6.2
対照区2	23.0	19.2	20.2	19.4	21.3	7.8	40.8	37.4	35.2	10.6	18.8	0.4	7.2	5.7	4.3	3.0	0.8	0.2
対照区3	7.6	9.7	6.4	25.4	19.1	4.5	20.8	56.8	33.0	57.9	25.0	9.5	2.4	4.3	1.1	1.3	1.7	0.4
木酢液散布区1	30.1	10.3	25.8	24.0	42.5	18.8	31.2	17.3	54.5	47.0	71.0	24.8	4.0	1.7	28.4	8.0	10.8	4.1
木酢液散布区2	39.6	5.3	34.4	15.2	23.2	15.7	52.1	13.0	62.8	17.3	18.5	0.4	17.3	1.2	36.9	3.6	2.7	3.6
木酢液散布区3	32.7	32.8	26.0	34.1	29.7	12.6	41.1	59.4	72.3	44.4	27.7	5.7	6.9	11.1	37.2	8.2	5.9	2.1

注) 下線を引いた調査日の前日に木酢液散布

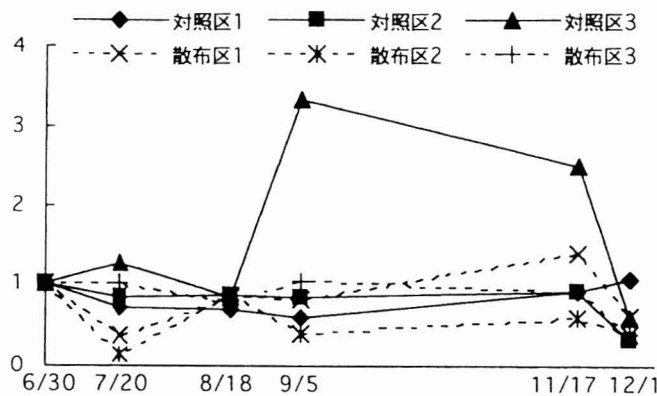


図-9 木酢液散布によるほだ場土壌の細菌数の増減  
\* 7/19、9/4、11/30に木酢液散布

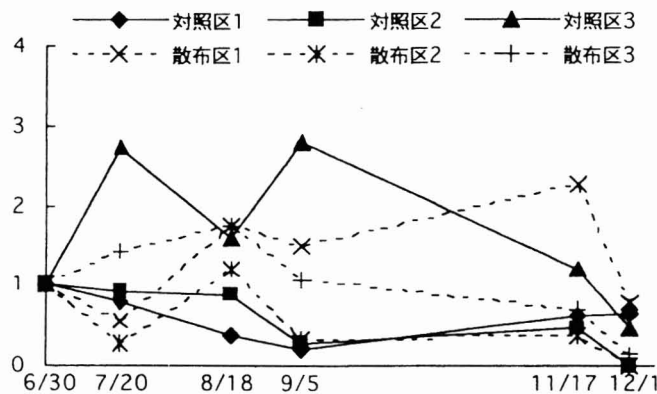


図-10 木酢液散布によるほだ場土壌の放線菌数の増減  
\* 7/19、9/4、11/30に木酢液散布

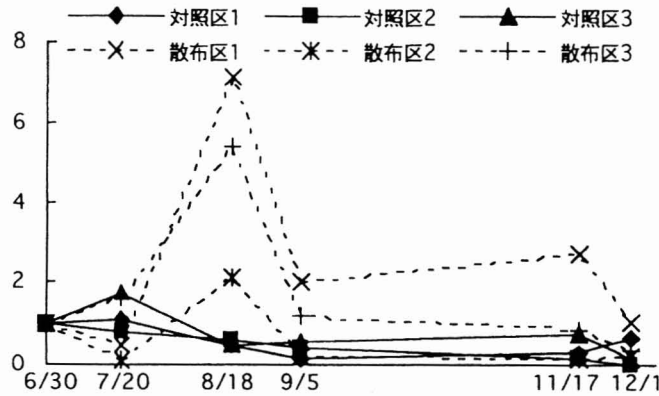


図-11 木酢液散布によるほだ場土壌の糸状菌数の増減  
\* 7/19、9/4、11/30に木酢液散布

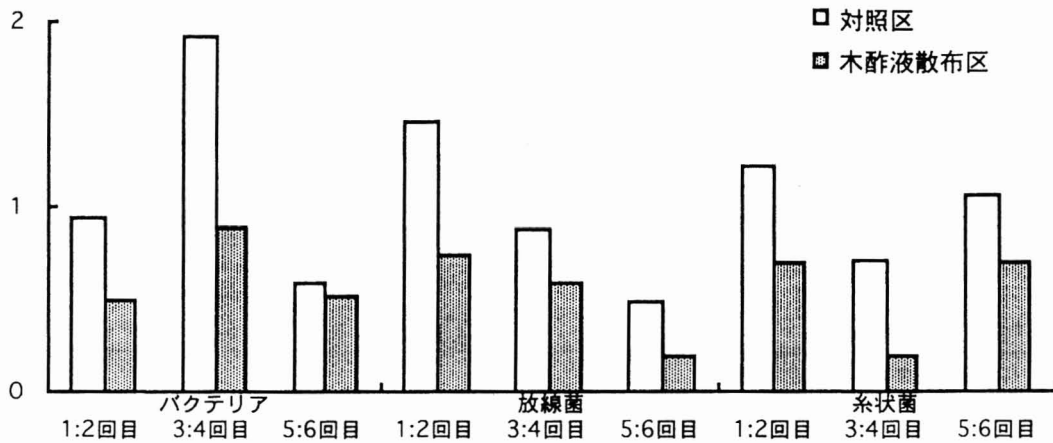


図-12 木酢液散布後の微生物数増減割合  
\* 木酢液散布前の微生物数を1とした散布後の微生物数の割合

糸状菌についても、木酢液散布区では散布1日後に減少傾向が見られたが、3回目の調査時には、対照区では減少傾向を示していたのに対し、散布区では急激に増加していた。

また、木酢液を散布した各回の微生物数を、散布前の数と比較した結果を図-12に示した。木酢液散布区では、散布直後には微生物が減少したことが認められる。

以上の結果から、木酢液の5倍希釈液には殺菌効果があり、バクテリア・放線菌・糸状菌とも減少させることが確認できた。しかし、前年度に行った試験でも見られたように、その殺菌効果は持続せず、約1ヶ月後にはバクテリアは元の数に戻り、放線菌や糸状菌は元の数を上回る傾向が認められるため、木酢液の土壌散布は慎重に行う必要があると考えられた。

#### ウ 木酢液添加寒天培地による土壌微生物の殺菌効果の検討

寒天培地への木酢液添加による殺菌効果の検討結果を図-13に示した。バクテリア・放線菌・糸状菌とも2倍希釈木酢液を添加した培地では全く発菌しなかった。バクテリアについては、50倍希釈まで発菌が抑制される傾向が認められたが、250倍希釈では対照とほとんど差がなかった。放線菌と糸状菌については、10倍以上の希釈倍率の木酢液を添加した培地では、制菌効果は認められなかった。

寒天培地中の木酢液濃度は、2倍希釈液を添加した培地で2.27%、10倍希釈液を添加した培地で0.45%、50倍希釈液を添加した培地で0.09%、250倍希釈液を添加した培地で0.02%となる。したがって、発菌が抑制されると思われる培地中の木酢液濃度は、バクテリアには0.1%以上、放線菌と糸状菌には2.3%以上と考えられた。なお、木酢液の品質には生

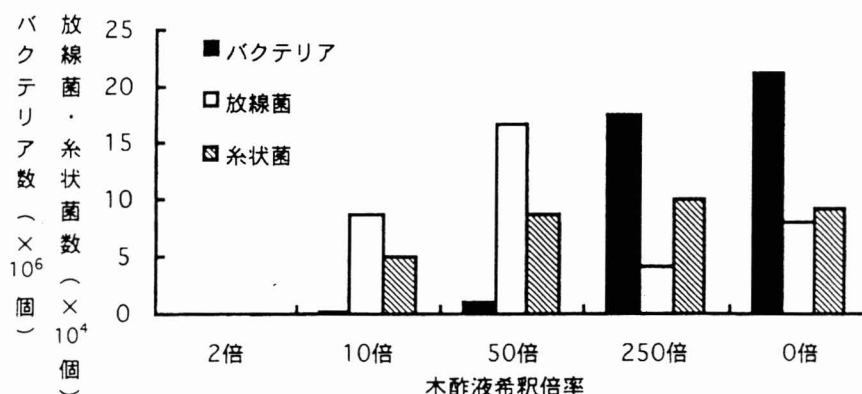


図-13 木酢液を添加した寒天培地での土壤微生物の発菌数  
\* 微生物数は乾土1gあたりに換算

産者によって幅があるため、使用する木酢液については事前に最適濃度を検討する必要がある。

#### (4) 炭材および採取温度の違いによる木酢液の品質変化の把握

結果は、表-9および図-14のとおりである。採取温度別にみると、比重と酸度はどの炭材でも温度が高くなるにつれて上がっていく傾向が見られ、pHは逆に下がっていく傾向が認められた。色は、炭化初期(80℃前後)は非常に濃い徐々に薄くなり、150℃以上になると再び濃くなる傾向が見られた。

炭材別にみると、pHに関しては、炭材間に大きな差は認められなかった。比重と酸度については、コナラは4種類の炭材の中で最も高かった。カラマツとアカマツの間には、ほとんど差がなかった。廃ほだ木は、原木のコナラに比べ、比重・酸度とも低かった。

以上のように、木酢液の品質は、採取温度によって変化し、針葉樹の木酢液は広葉樹の木酢液とは幾分品質が異なると考えられた。また、同一樹種でも、シイタケ菌等の菌類によって木材成分が分解された炭材から採取された木酢液は、原木から採取されたものとは品質が異なることも認められた。

したがって、同一樹種の炭材から採取される木酢液ならば、採取温度範囲を一定にすることによって、品質差をある程度小さくできると考えられる。そのため、日本木酢液協会の自主規格では、採取温度範囲を80~150℃と定めている<sup>(6)</sup>。その理由は、80℃以下の煙はほとんどが水分であるため有効成分の含有量が低いことと、150℃以上の煙にはタール分が多く含まれ、利用に支障をきたす場合があること、等である<sup>(1)</sup>。

長野県が平成6年度に行った木酢液生産流通実態調査によると、長野県内で生産されている木酢液の品質は、生産者によって非常にバラツキが大きいことが明らかになった。生産者の多くは、煙の色で採取のタイミングを判断し、煙が青くなるまで採取している人が大半を占めていた。煙が青くなり始めるのは約170℃以上であるため、適正温度範囲内で採取している人は少ないという実態であった。したがって、木酢液の品質の安定化を図るためには、生産者が煙道口の煙の温度を測定しながら一定の温度範囲で採取することが最も重要と考えられる。

一方、炭材の違いによる品質差を改善することは困難であるため、使用基準を作る際には、少なくとも針葉樹と広葉樹とは分けて定める必要があると考えられる。

表-8 炭材および採取温度ごとの木酢液の品質

炭材	採取時煙道口温度 ℃ (中央値)	比重	酸度 %	pH	色
コナラ	66-75(70)	1.025	2.2	4.8	濃褐色
	75-87(81)	1.068	7.2	4.4	赤褐色
	82-87(84)	1.077	8.9	3.9	淡赤褐色
	82-98(90)	1.053	8.4	3.6	淡赤褐色
	98-106(102)	1.061	9.6	3.6	淡赤褐色
	106-167(137)	1.073	11.2	3.5	淡赤褐色
167-197(182)	1.080以上	13.1	3.6	赤褐色	
廃ほだ木	74-90(82)	1.018	3.2	3.8	濃褐色
	102-116(109)	1.031	5.5	3.6	赤褐色
	132-152(142)	1.036	8.2	3.2	赤褐色
	152-169(161)	1.029	6.6	3.2	赤褐色
アカマツ	72-75(74)	1.011	1.3	4.0	濃褐色
	83-90(86)	1.018	2.4	3.6	赤褐色
	112-125(118)	1.036	4.7	3.3	赤褐色
	137-150(144)	1.025	4.4	3.2	淡赤褐色
	164-170(167)	1.040	7.5	3.0	赤褐色
カラマツ	68-80(74)	1.008	1.0	4.1	濃褐色
	80-110(95)	1.013	1.7	3.7	濃褐色
	110-153(132)	1.028	4.0	3.3	赤褐色
	153-192(173)	1.035	5.2	3.3	赤褐色

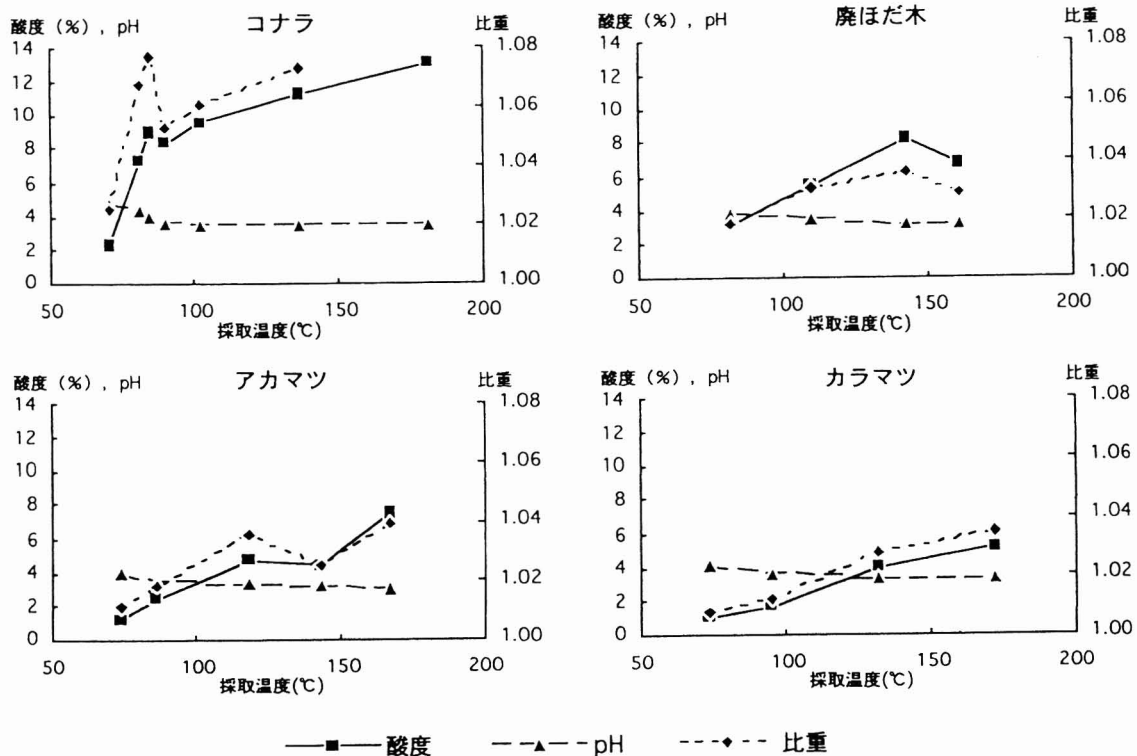


図-14 木酢液の採取温度と酸度・比重・pHの関係

#### 4. おわりに

本研究では、木炭の土壌改良材・微生物活性化、および木酢液の殺菌・微生物活性化・品質の安定化等について検討してきた。どの分野についても、効果が期待できる面と逆効果に陥りや

すい面が存在し、扱いの難しさとともにその性質をより深く究明していく必要性を再認識した。

木炭や木酢液の新たな利用法については、近年様々な試みがなされており、多くの有用事例が一般に知られているが、どのような性質や成分が効果を発揮しているのか、という根本的なメカニズムの解明はあまり進んでいない。今後、木炭・木酢液の新たな利用を一時的なブームに終わらせることなく、広く普及していくためには、このようなメカニズムの解明が不可欠である。また、生産者間の品質のバラツキを極力小さくし、消費者のニーズにあった製品作りを進めていくことも重要な課題である。

木炭の燃料以外の用途を広げ、生産を振興していくことは、未利用資源の有効活用や、CO<sub>2</sub>の固定などにも貢献できることから、今後益々期待が高まっていくと考えられる。そのため、木炭・木酢液の安定生産と、未だ確立されていない新たな利用法の実用化、および更なる用途開発に今後も取り組んでいきたい。

### 引用文献

- (1) 炭やきの会編：環境を守る炭と木酢液、家の光協会、1991
- (2) 小川真：土と作物をつなぐ共生微生物、農文協、1987
- (3) 長野県ほか：きのこ栽培指標、1994
- (4) 土壤微生物研究会編：土壤微生物実験法、養賢堂、1975
- (5) 長野県：木酢液生産流通実態調査、1995
- (6) 日本特用林産振興会編：木炭木酢液の新たな利用、1994