

木炭及び木酢液の新用途開発

大矢信次郎・一ノ瀬幸久*1・小坂信行*2

木炭・木酢液の性質を把握し基礎的なデータの蓄積を図るとともに、新たな利用方法を検討した。その結果は次のとおりである。①木炭粒を挿し木の挿し床に混合しサルナシを挿し木した結果、根数及び根重が増加した。②樹種・含水率の異なる炭材をドラム缶窯で炭化し、木酢液・竹酢液を温度別に採取して比重・酸度・pH等の品質を比較した。その結果、木酢液の品質は採取温度によって大きく変動することや、炭材の含水率の影響を大きく受けること等が確認された。③県内外で採取された生産者の異なる木酢液・竹酢液の品質を調査した。その結果、炭化条件によって品質に大きな差があり、同一条件でも品質差があることが確認された。④木酢液・竹酢液の殺菌効果を明らかにするため、採取温度の異なる3種類の木酢液と、生産者の異なる3種類の竹酢液をPDA培地に添加し、ナメコ及びその害菌 *Hypocrea nigricans* の菌糸伸長に与える影響を調べた。その結果、木酢液の濃度が高く採取温度が高いほど両者の成長を強く抑制した。また、竹酢液は生産者が異なることにより殺菌効果に大きな差が認められた。

キーワード：木炭、木酢液、竹酢液、挿し木、殺菌

1 緒言

木炭は、燃料として古くから人々の生活に欠かせない存在であったが、日本では昭和30年代に石油・ガス等の化石燃料が一般家庭にも急速に普及した結果、需要が激減した。昭和30年代初めには200t以上であった木炭の年間生産量は、現在は3t程にまで減少している¹⁾。

しかし近年は、木炭の多孔性・導電性等の性質を生かして、土壤改良材や調湿材、電磁波遮断材など燃料以外の分野にも利用されるようになってきており、用途が拡大している²⁾。

また、製炭時の煙を冷却して得られる木酢液には200種類以上の多様な成分が含まれており、有機酸類、フェノール類、カルボニル化合物、アルコール類、中性成分、塩基性成分などで構成されている³⁾。これらの成分によって、木酢液には殺菌や植物成長促進効果、病虫害の防除や忌避効果などがあることがわかってきており、一部の篤農家の間で利用されているのを始め、一般の人々にも次第に利用が広がってきている⁴⁾。

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十分になされていないものが多く、普遍的な利用指針が必ずしも示されていない。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。また、木酢液の品質は、炭材や

炭窯の種類、採取時の煙の温度等による差が大きいことが指摘されている^{5)・6)}。このため木酢液の品質は一定せず再現性に乏しい面があり、使用基準が明確に決められないという問題がある。

したがって本研究では、木炭・木酢液の性質を把握し、基礎的なデータの蓄積を図るとともに、新たな利用方法を検討した。

2 試験の方法

2.1 木炭の新用途開発

2.1.1 木炭の挿し床への利用の検討

木炭は、土壤の透水性を改善する効果があるとして、地力増進法で定めている土壤改良資材に昭和61年に認定されている。加えて、木炭の土壤改良効果には保水性や有用微生物の増殖も期待されている⁷⁾。これらはいずれも木炭が植物の根の発達を促すことを示唆している。したがって本試験では、木炭を挿し木の挿し床に利用することを検討した。

床土の鹿沼土の5%・10%・20%・40%を木炭粒で置き換えた挿し床に、サルナシの挿し穂を各22~23本挿し付け、鹿沼土100%の対照区と発根量を比較した。混合した木炭粒の粒径は約5mmである。挿し穂の調製は、同一親木の当年枝を用いて7月中旬に行い、長さを15~20cm・葉数を2~4枚とした。切り口を1晩浸水した後、園芸用プ

*1 元長野県林業総合センター副参事兼技術専門員兼林業専門技術員
*2 元長野県林業総合センター技術専門員兼林業専門技術員

ランター内に調製した各試験区の挿し床に挿し付けた。挿し付け後は、当センターのアカマツ・コナラ林内で直射日光を遮るよう約1mの高さに寒冷紗をかけ、散水管理した。当年秋の落葉後に掘り取り、得苗率と根の風乾重を測定した。

また、上記試験の翌年に発根促進剤を使用しミスト施設内で同様の試験を行った。調製したサルナシ挿し穂の基部をオキシベロン溶剤 100 倍液 (40ppm) に 24 時間浸漬処理し、上記と同様の木炭粒混合割合に調製した挿し床に挿し付けた。挿し付けは 8 月上旬に行い、直射日光を遮ったミスト施設内で管理し、挿し床が常に濡れている状態を維持した。当年秋の落葉後に掘り取り、得苗率と基部から出た根の本数、根の風乾重を測定した。

2.2 木酢液の新用途開発

2.2.1 木酢液の品質調査

(1) 木酢液の品質と炭化条件・採取条件の関係

木酢液の採取温度と品質との関係を調べるため、コナラ・ミズキ・アカマツ・モウソウチクを炭材として木酢液と竹酢液を採取した。

当センターのドラム缶製炭窯を用いて各炭材を炭化し、煙道口の煙の温度を測定しながら木酢液と竹酢液を採取し、採取温度ごとの品質を比較した。採取温度は、80℃以下・80～150℃・150℃以上を基準とし、コナラ・アカマツ・ミズキについては約10℃ごとに採取容器を交換して採取した。

また、乾燥炭材（平均含水率：湿量基準で17%）と生木炭材（同58%）をドラム缶窯でそれぞれ炭化し、品質を比較した。

採取した木・竹酢液は、約6ヶ月静置した後、中間層を取り出して濾過し、比重・酸度・pH・溶解タール含有率等を測定した。各項目の測定は、日本木酢液協会の自主規格⁸⁾に基づいて行った。比重は液温15℃において標準比重計で測定した。酸度は水酸化ナトリウム溶液の滴定によって中和点を求め、酢酸換算することにより求めた。pHは、pHメーターにて測定した。溶解タール含有率は、蒸発皿上で木酢液・竹酢液をアルコールランプで加熱・乾固させて得られた黒色残渣を秤量し、加熱前の木酢液・竹酢液に対する重量パーセントで表した値とした。

(2) 生産者の異なる木酢液・竹酢液の品質調査

長野県内外で異なる生産者によって生産された木酢液・竹酢液計56種類について、比重・酸度・pH等の品質調査を行った。測定方法は前記と同様である。

2.2.2 木酢液と竹酢液の殺菌効果の検討

木酢液・竹酢液には、酸類・アルコール類・フェノール類等の殺菌作用のある成分が含まれており、針葉樹稚苗の立枯病の防除に効果があるとされ⁹⁾、かつては農薬として登録されていた。本試験では、採取温度の異なる3種類の木酢液と生産者の異なる3種類の竹酢液をPDA培地に添加し、培地中の木酢液・竹酢液濃度と菌類の菌糸伸長との関係を調査した。

供試した木酢液は、当センターでコナラをドラム缶窯で炭化する際に採取したもので、採取時の煙道口温度の異なるM-A(66～75℃)・M-B(98～106℃)・M-C(167～197℃)の3種類を用いた。また、竹酢液は県内産2種類(T-A・T-B)と中国産1種類(T-C)の計3種類を用いた。これらの木酢液および竹酢液を0.1%・0.5%・1%・5%・10%の各濃度となるように添加してPDA培地を調製し、オートクレーブで殺菌した後に滅菌済シャーレに分注した。

供試した菌株は、ナメコ（当センター育成株：長林総3号）及び栽培きのこの害菌である*Hypocrea nigricans*で、MA平板培地上で12～17日間培養したものを使用した。ナメコは内径4mmのコルクボーラーで打ち抜いた菌糸体をPDA平板培地中央に接種し、*H. nigricans*は柄つき針で菌糸を一定量掻き取って各培地中央に接種した。培養は20℃の恒温器内で行い、菌叢の直径を24時間ごとに測定した。

3 試験の結果及び考察

3.1 木炭の新用途開発

3.1.1 木炭の挿し床への利用の検討

結果を表-1に示した。活着した挿し穂1本あたりの根風乾重および根数は、管理場所が林内・ミスト施設内のいずれでも木炭を混合した各試験区で対照区を上回り、木炭40%区で最も高かった。特に、発根促進剤処理を施しミスト施設内で管理した木炭40%区では、根数が対照区の2.8倍とな

った(図-1)。しかし根が短かったため、根重の増加量は1.3倍にとどまった。また、挿し床のpHは木炭粒の混合比率に比例して上がる傾向を示した。

得苗率は、ミスト管理では木炭5%区で対照区より高かったが、10%以上混合した各試験区は混合量が増えるにしたがい低下した。林内管理ではバラツキが大きく傾向がつかめなかった。

以上の結果から、サルナシの挿し床に木炭粒を5%程度混合することで根数が増加し、得苗率も向上することが期待された。

表-1 木炭混合挿し床でのサルナシ挿し木結果

管理場所	発根促進剤	木炭混合率 (%)	根風乾重 (mg/本)	根数 (本)	得苗率 (%)	挿し床 pH
林内	未使用	0%	50.8	54.5	6.0	6.0
		5%	66.9	36.4	6.2	6.2
		10%	64.0	8.7	6.3	6.3
		20%	61.8	17.4	6.6	6.6
		40%	95.3	43.5	6.9	6.9
ミスト施設	使用	0%	533.7	47.5	80.0	6.0
		5%	651.8	72.2	90.0	6.2
		10%	544.3	66.7	70.0	6.3
		20%	629.9	63.7	60.0	6.6
		40%	670.2	130.8	50.0	6.9

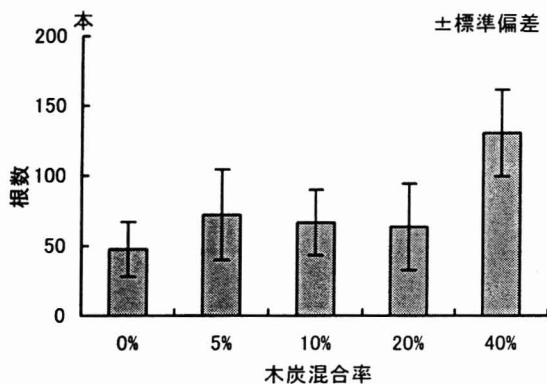


図-1 サルナシ挿し穂の平均根数

3.2 木酢液の新用途開発

3.2.1 木酢液の品質調査

(1) 木酢液の品質と炭化条件・採取条件の関係

木酢液・竹酢液の採取時の煙道口温度と酸度・比重・pHとの関係を図-2~7に示した。

まず、採取温度が木酢液の品質に及ぼす影響について考察する。

酸度は、80℃前後で急激に上昇した。この温度は、窯内の炭材が熱分解を始めるとされている時

期¹⁰⁾と一致していることから、熱分解に伴って有機酸が生成されたと考えられた。その後は、150℃前後まで上昇した後徐々に下がっていく場合もあれば、上昇し続ける場合もあり、明確な傾向は得られなかった。

比重は、80℃前後で急激に上昇し、どの木酢液も酸度とほぼ同様に値が上下した。

pHは、採取を開始した約60~70℃では4.0程度であるが徐々に下がり、約100℃で3.0~3.5程にまで下がり、その後横這いになる傾向が認められた。しかし、約150℃以上になると徐々に上昇していくものもあった。

溶解タール含有率(図-8)は、測定した4種類の木酢液のすべてにおいて比重に比例して推移し、両者には高い相関関係($R^2=0.899$)が認められた(図-9)。このことから、比重を測定することで木酢液中のタール分は簡易的に把握できると考えられた。なお、現在のところ溶解タール含有率に関する明確な規準は定められていないが、一般には通常3%以下とされている¹¹⁾。今回測定した木酢液のうち、3%を超えたのはA-1とK-1の150℃以上で採取したものだけであった。このことから、煙道口温度が150℃以上に上昇した後も木酢液の採取を続けることは、木酢液中のタール分を増加させる原因になると考えられ、木酢液の採取は150℃までに終わることが必要と考えられた。

次に、樹種が木酢液の品質に及ぼす影響について考察する。

同じ広葉樹であるコナラ(K-1, K-2)とミズキ(M-1)の木酢液は、酸度と比重はミズキの方がやや高い値で推移した。pHはコナラK-2がやや高い値で推移したが、他は差がなかった。

アカマツの木酢液(A-1, 2)は、コナラ・ミズキの木酢液に比べて酸度・比重ともやや低めに推移し、pHはコナラK-2より低かったが他とは差がなかった。竹酢液については、酸度・比重とも他樹種より比較的高かったが、pHは差がなかった。

次に、炭材の含水率が木酢液の品質に及ぼす影響について考察する。

各木酢液の炭材含水率を表-2に示した。アカマツ木酢液の炭材含水率は、A-1が17%、A-2が58%であり、A-1の方がA-2より比重・酸度とも大きく上回っている。A-2は炭材に含まれている水分

によって水分含量が高められたものと考えられた。ミズキの木酢液がコナラ K-1 より酸度・比重とも高かったことも、含水率がコナラ K-1 より低かったことに起因すると考えられる。タケについては含水率測定を行わなかったが、木材より乾燥しやすい形状であることから水分はかなり少なかったと推察される。

以上のことから、炭材含水率は木酢液の品質に大きな影響を及ぼすことが確認された。炭材の含水率を無視して考えた場合、4 樹種から得た木酢液を成分的に濃い順から並べると、タケ・ミズキ・コナラ・アカマツの順となるが、含水率を考慮すると、樹種間の違いはそれほど大きいものではない可能性が示唆された。

実際の製炭現場では、蒸気乾燥あるいは蒸煮と称される作業が行われている場合が多い¹²⁾。これ

は、炭材に着火しない程度に長時間に渡って口焚きを行い、窯内に熱い水蒸気を充満させて炭材の乾燥と窯内温度の均一化を図る技術である。この操作によって、窯内の炭材の含水率はある程度低減され均一化することが期待されることから、この操作は炭質の向上だけでなく、木酢液の品質差を小さくするためにも重要と考えられる。

なお、木酢液の適性採取温度とされている 80～150℃で連続採取した場合の各木酢液の品質(表-3)は、温度別に採取した各木酢液の 100℃前後に採取したものに近い値を示していた。100℃前後の温度帯では、炭化の進行に伴う煙道口温度の上昇が図-10 に示したように緩やかである。このため、この温度帯で採取される木酢液の割合が高くなり、連続採取した木酢液の品質をほぼ決定づけていると考えられた。

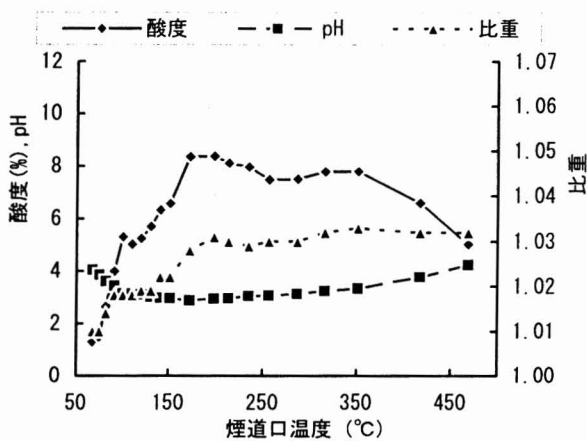


図-2 コナラ木酢液 (K-1) の品質の推移

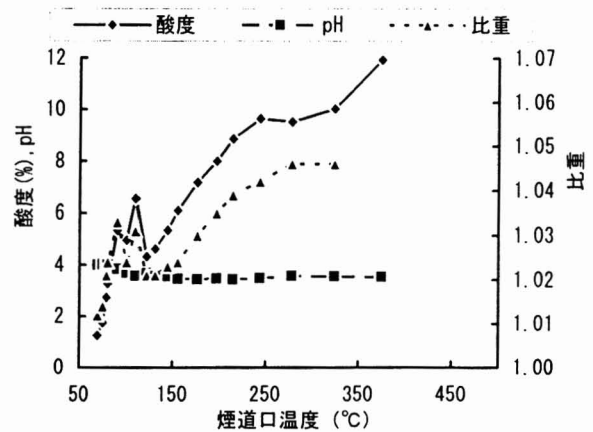


図-3 コナラ木酢液 (K-2) の品質の推移

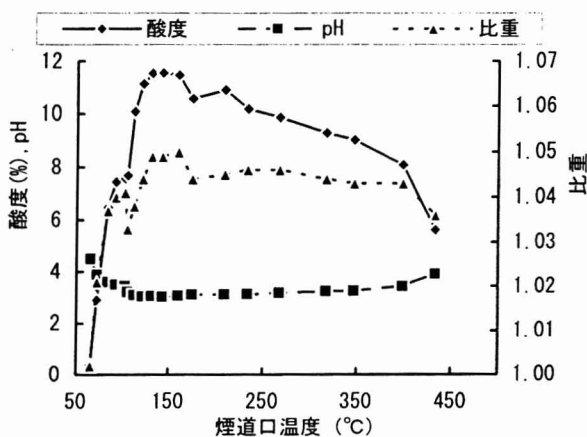


図-4 ミズキ木酢液 (M-1) の品質の推移

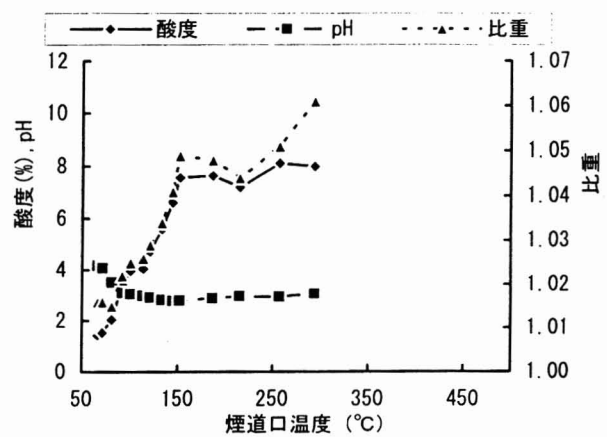


図-5 アカマツ木酢液 (A-1) の品質の推移

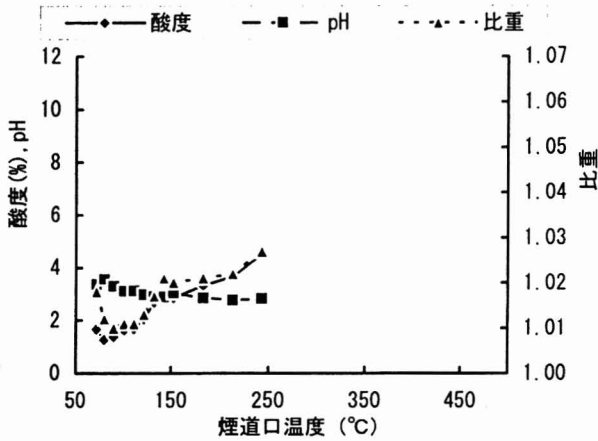


図-6 アカマツ木酢液 (A-2) の品質の推移

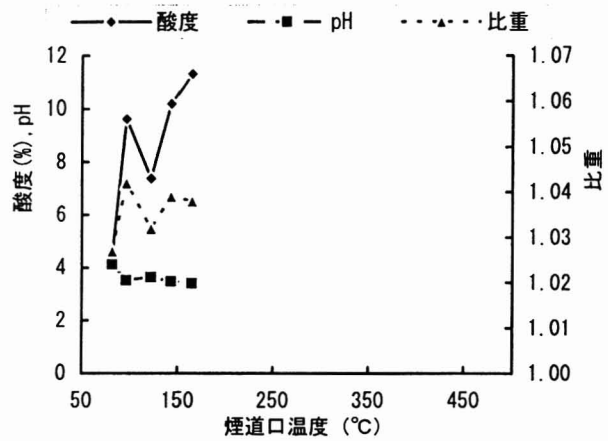


図-7 竹酢液 (T-1) の品質の推移

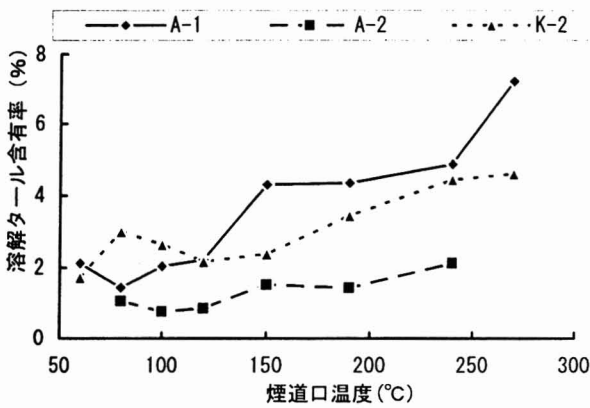


図-8 溶解タール含有率の推移

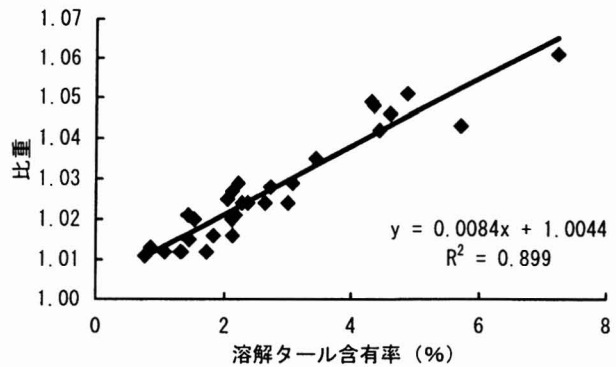


図-9 溶解タール含有率と比重の関係

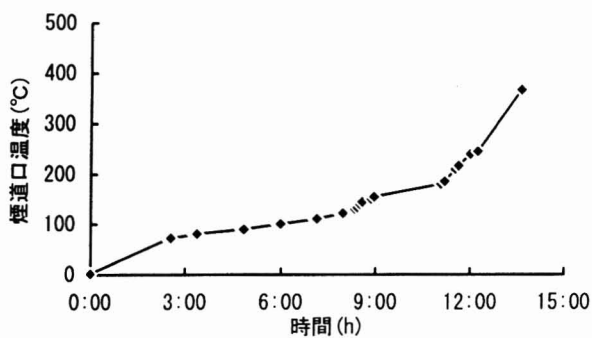


図-10 煙道口温度の推移 (A-2)

表-2 炭材の含水率

No.	樹種	含水率 %
M-1	ミズキ	15.1
K-1	コナラ	30.4
K-2	コナラ	36.6
A-1	アカマツ	16.8
A-2	アカマツ	57.8
T-1	モウソウチク	-

表-3 連続採取した木酢液の品質

No.	炭材樹種	品質			
		比重	酸度 %	pH	溶解タール含有率 %
K-2	コナラ	1.023	4.7	3.8	2.7
A-1	アカマツ	1.025	3.8	3.0	2.0
A-2	アカマツ	1.012	1.7	3.1	0.8

(2) 生産者の異なる木酢液・竹酢液の品質調査結果を図11~13及び表-4に示した。酸度・比重・pHとも、全体的に標準偏差が大きく、同じ炭窯・同じ炭材で炭化した場合でも、バラツキが生じることが認められた。

酸度については、白炭窯でナラやその他の広葉樹を炭材として採取された場合が最も高く、平均7.6%であった。これは黒炭窯で広葉樹を炭化した場合の2倍の量である。白炭窯では炭化温度が黒炭窯より高い800℃以上に上昇することにより、

分子量の大きい鎖式カルボン酸が高温で二次分解されて強酸性の酢酸やプロピオン酸が生成されることが報告されており¹³⁾、このことが酸度が増加する一因と考えられた。次いで酸度が高かったのは乾留窯で針葉樹を炭化した場合で、6.2%であった。逆に最も低かったのは黒炭窯で針葉樹を炭化した場合の2.2%であり、同じ針葉樹であっても酸度に3倍近い差が生じた。この原因は、乾留窯（連続炭化炉）の場合、炭材をチップ化するため含水率が下がり、結果的に水分が少なく濃い木酢液が採取されたことが一因と考えられた。蒸留木酢液の酸度については、蒸留前と大きな差はなかった。有機酸類の多くは、タール分を構成するフェノール類等より沸点が低いため、蒸留を経てもほとんどが捕集されていると考えられた。

比重については、乾留窯の針葉樹木酢液が突出し、平均1.048という高い値を示した。一方で黒炭窯で採取された針葉樹の木酢液の比重は最も低かった。この原因も、炭材の含水率の影響が大きいと考えられる。逆に最も比重が低かったのは蒸留した木酢液であった。比重は、前述のとおり木酢液中に溶解したタール分の量に比例することから、蒸留することによって高沸点成分であるフェノール類等を主体としたタール分の多くが除去されたと考えられた。また、黒炭窯で採取した木酢

液の比重は、白炭窯に比べて低く、特に竹酢液は低かった。

pHについては、酸度が高いものほど値が小さくなる場合が多かったが、明確な負の相関は認められなかった。この原因は不明であるが、pH緩衝作用のある物質が木酢液中に存在することが推察される。

色については、黒炭窯で採取されたものは淡赤褐色～濃赤褐色で濃淡の幅が広く、見た目の品質のバラツキが大きかった（写真-1）。白炭窯で採取されたものは比較的色彩の幅は小さく、黒炭窯のものより色が薄い傾向があった。乾留窯の木酢液は比較的色彩が濃い傾向があり、蒸留木酢液は最も色が薄かった。また、蒸留木酢液以外では浮遊物があるものや透明でないものが認められ、採取された後の静置期間が不足していたり、濾過等が不十分であったと考えられた。

以上の結果から、異なる条件で採取された木酢液の品質は、酸度・比重・pHのいずれも異なることが確認された。また、同じ種類の窯で同じ樹種の炭材を炭化した場合でも、その木酢液の品質には幅があることが確認された。木酢液の品質を安定させるためには、炭化条件の差を小さくすることが、まず必要と考えられる。

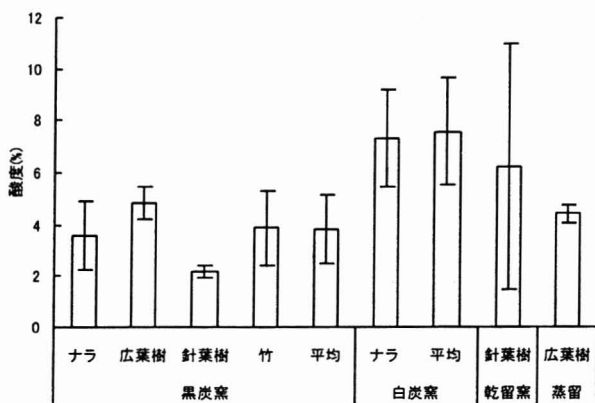


図-11 酸度と炭窯・炭材の関係

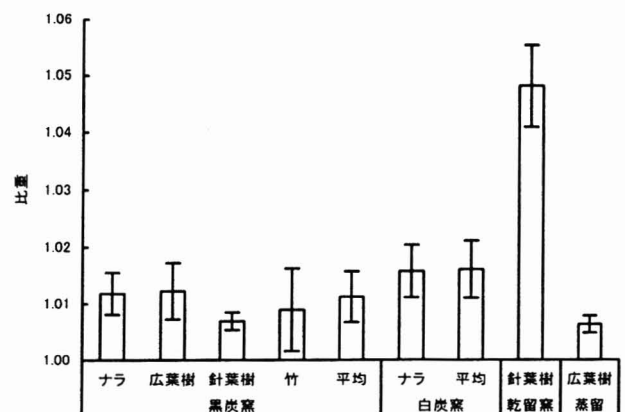


図-12 比重と炭窯・炭材の関係

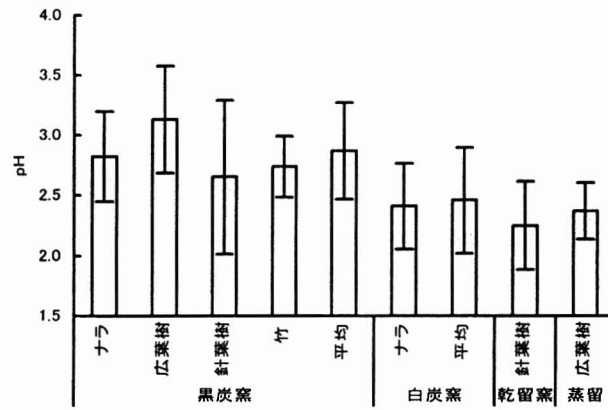


図-13 pHと炭窯・炭材の関係

表-4 各種木酢液の品質調査結果

No.	窯の種類	炭材	比重	酸度 %	pH	色	浮遊物	透明度
1	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.012	4.6	2.6	赤褐色	無	○
2	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.013	3.7	3.2	赤褐色	無	○
3	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.011	4.1	2.7	赤褐色	無	○
4	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.018	5.1	3.7	赤褐色	有	○
5	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.016	2.0	2.7	赤褐色	無	○
6	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.010	3.1	2.3	赤褐色	無	○
7	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.011	4.7	2.3	淡茶褐色	有	×
8	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.016	3.6	3.0	赤褐色	有	○
9	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.010	4.5	2.7	濃赤褐色	有	×
10	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.006	1.7	2.9	赤褐色	有	○
11	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.012	4.1	2.5	淡赤褐色	無	○
12	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.010	2.7	3.3	赤褐色	有	○
13	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.010	3.5	3.3	赤褐色	有	○
14	黒炭窯	広葉樹 ナラ	1.013	4.6	2.5	赤褐色	無	○
15	黒炭窯	移動炭化炉 広葉樹 ナラ	1.009	2.0	2.5	赤褐色	無	○
16	黒炭窯	移動炭化炉 広葉樹 ナラ	1.007	1.4	3.0	濃灰色	有	×
17	黒炭窯	移動炭化炉 広葉樹 ナラ	1.021	6.4	2.9	赤褐色	有	×
18	黒炭窯	ドラム缶窯 広葉樹 ナラ	1.015	4.3	3.0	赤褐色	有	×
19	黒炭窯	ドラム缶窯 広葉樹 ナラ	1.007	2.3	2.5	淡赤褐色	有	○
20	黒炭窯	広葉樹 クヌギ	1.013	6.1	3.0	赤褐色	無	○
21	黒炭窯	広葉樹 クヌギ	1.008	4.5	3.3	赤褐色	無	○
22	黒炭窯	広葉樹 クヌギ	1.010	5.0	3.4	赤褐色	無	○
23	黒炭窯	広葉樹 クヌギ	1.010	4.8	3.4	赤褐色	無	○
24	黒炭窯	広葉樹 カシ	1.023	4.4	3.7	濃赤褐色	有	○
25	黒炭窯	広葉樹 広葉樹	1.010	4.5	2.6	淡赤褐色	有	○
26	黒炭窯	広葉樹 広葉樹	1.012	4.5	2.5	淡赤褐色	有	○
27	黒炭窯	針葉樹 アカマツ	1.006	2.4	2.2	赤褐色	有	○
28	黒炭窯	針葉樹 針葉樹	1.008	2.0	3.1	淡赤褐色	有	○
29	黒炭窯	竹 竹	1.005	2.9	2.4	淡黄色	有	○
30	黒炭窯	竹 竹	1.004	2.8	2.7	淡黄色	有	○
31	黒炭窯	竹 竹	1.007	3.9	2.8	淡褐色	有	○
32	黒炭窯	ドラム缶窯 竹 竹	1.020	5.9	3.0	赤褐色	有	○
33	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.022	9.0	2.7	赤褐色	無	○
34	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.011	5.5	2.6	淡赤褐色	有	×
35	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.020	7.8	2.5	赤褐色	無	○
36	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.015	7.2	2.0	淡黄色	無	○
37	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.023	8.1	2.3	赤褐色	無	○
38	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.018	9.8	1.9	赤褐色	無	○
39	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.010	4.4	2.7	赤褐色	無	○
40	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.017	9.1	1.9	淡赤褐色	無	○
41	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.020	7.7	2.9	赤褐色	無	○
42	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.010	4.6	2.7	赤褐色	無	○
43	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.012	6.9	2.8	赤褐色	無	○
44	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.010	4.8	2.5	赤褐色	有	○
45	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.018	8.2	2.2	赤褐色	無	○
46	白炭窯	広葉樹 ナラ	1.018	9.5	2.0	赤褐色	無	○
47	白炭窯	広葉樹 ウバメガシ	1.025	12.0	2.1	赤褐色	無	○
48	白炭窯	広葉樹 広葉樹	1.012	7.0	3.5	淡赤褐色	有	○
49	乾留窯	連続炭化炉 針葉樹 カラマツ	1.043	4.6	1.9	赤褐色	無	○
50	乾留窯	連続炭化炉 針葉樹 カラマツ	1.047	3.9	2.4	赤褐色	無	○
51	乾留窯	連続炭化炉 針葉樹 カラマツ	1.042	3.8	2.0	赤褐色	無	○
52	乾留窯	連続炭化炉 針葉樹 カラマツ	1.060	14.7	2.8	濃赤褐色	有	○
53	乾留窯	連続炭化炉 針葉樹 ヒノキ	1.049	4.1	2.1	赤褐色	無	○
54	炭窯	黒炭窯 蒸留 クヌギ	1.005	4.4	2.5	淡黄色	無	○
55	炭窯	黒炭窯 蒸留 ナラ	1.008	4.1	2.1	黄褐色	無	○
56	炭窯	蒸留 広葉樹	1.006	4.8	2.5	淡黄色	無	○

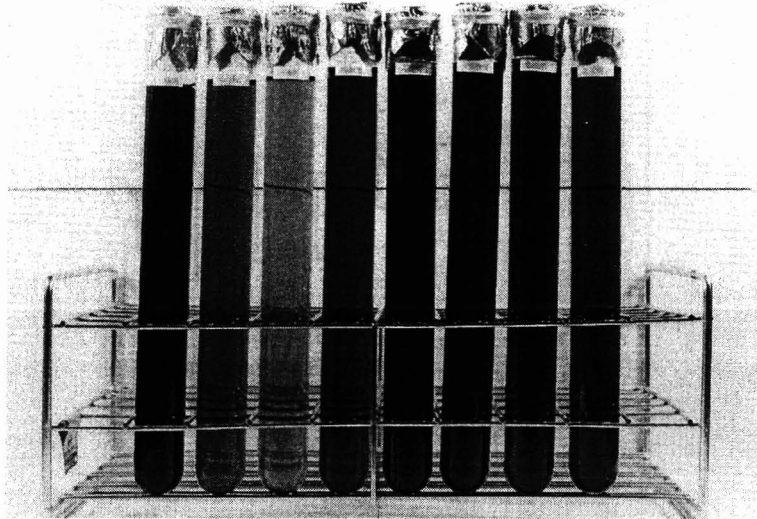


写真-1 木酢液の色の濃淡

3.2.2 木酢液と竹酢液の殺菌効果の検討

木酢液を添加した培地での結果を表-5・6 と図-14・15 に示した。

PDA 培地に添加した木酢液の品質は、M-C・M-B・M-A の順で酸度・比重が高く、pH は低かった。特に低温で採取された M-A は酸度・比重とも他の 2 種に比べて極端に低く、木酢液有機酸をはじめとする成分が少ないと考えられた。

各培地の pH は、木酢液 0%の培地では 4.8 であったが、0.1%以上では M-A を加えた培地は 4.9～5.0 であり、最初よりやや高い値になった。木酢液 M-B と M-C の培地は、0.1%で 4.0～4.1 に下がり、10%添加しても値はほとんど変化しなかった。

ナメコの菌糸伸長量は、M-A・M-B・M-C とも 0.5%までは影響を与えなかったが、1%以上の濃度では M-B・M-C を加えた培地で伸長阻害が認められ、5%では M-A でも伸長が阻害された。10%では、いずれも発菌が認められなかった。

また、*H. nigricans* の菌糸伸長量は、M-A・M-B・M-C とも 0.1%添加した培地ではほとんど影響を受けなかった。しかし、0.5%以上の濃度では木酢液 M-B・M-C を添加した培地で伸長阻害が認められ、5%では M-A でも伸長が阻害された。10%ではいずれも発菌が認められなかった。したがって、M-B・M-C を 0.5%の濃度で添加した場合、ナメコの菌糸伸長には影響を及ぼさず、*H. nigricans* の菌糸伸長は抑制する可能性が示唆された。

以上の結果から、採取温度の異なる木酢液では、低濃度ではいずれも菌糸伸長にほとんど影響を与

えないが、高濃度では採取温度が高いものほど菌糸伸長を抑制する傾向が認められた。このことから、高温で採取した木酢液ほど菌糸伸長を阻害する酸類やフェノール類を多く含むと考えられた。

次に、竹酢液を添加した培地での結果を表-5・6 と図-16・17 に示した。PDA 培地に添加した竹酢液の品質は、T-C・T-B・T-A の順で酸度・比重が高かったことから、この順で成分的に濃いと考えられた。

各培地の pH は、竹酢液 0%の培地では 5.3 であったが、竹酢液の濃度が高くなるにつれて低下し、10%では 3.5～3.7 となった。

ナメコの菌糸伸長量は、竹酢液濃度 1%まではほとんど差がなかった。しかし 5%では、竹酢液 T-C を添加した培地では菌糸伸長が完全に抑制されたのに対して、T-A・T-B の培地では抑制されなかった。10%では、T-B・T-C の培地で菌糸伸長が完全に抑制され、T-A の培地でも抑制傾向が認められた。

H. nigricans については、竹酢液濃度が 0.1%～1%では菌糸伸長が促進される傾向が認められた。特に 0.5%では、どの竹酢液のを添加した培地でも 20%以上菌糸伸長が促進された。しかし、竹酢液濃度が 5%以上になると T-A・T-B・T-C の培地すべてに抑制傾向が認められた。10%では、T-B・T-C の培地では完全に抑制され、T-A の培地でも抑制傾向が認められた。

したがって、竹酢液 T-A・T-B を 5%の濃度となるよう培地に添加した場合、ナメコの菌糸伸長には影響を及ぼさず、*H. nigricans* の菌糸伸長は抑制

する可能性が示唆された。T-C では、この濃度は 1 ~5%の間と考えられ、T-A・T-B より薄い濃度で同様の効果が期待された。

以上の結果から、竹酢液の殺菌効果が確認され、その種類によって殺菌効果に差が生じることが確認された。この要因は、竹酢液中の有機酸類やアルコール類等の抗菌性物質の含有量に差があるためと考えられる。

以上のように、採取温度が異なる場合や、生産者が異なる場合には、木酢液・竹酢液の殺菌効果に差が生じることが確認された。したがって、現状

では使用する木・竹酢液がどの濃度で効果を発揮するのか把握するのは容易ではない。そこで、木酢液・竹酢液を添加した培地中の酸度と *H. nigricans* の菌糸伸長量の関係を見てみると、特に木酢液添加培地で両者に高い相関関係が認められた(図-18・19)。したがって、木酢液の酸度を測定することで、*H. nigricans* を完全に抑制する最低限の木酢液濃度をある程度推定できる可能性が示唆された。しかし、ナメコの菌糸伸長と培地中の酸度には高い相関関係は認められず、今後更に検討していく必要があると考えられた。

表-5 供試した木酢液と竹酢液の品質

	比重	酸度(%)	pH	色・その他
木酢液 M-A 低温採取(66-75℃)	1.024	2.6	4.7	濃赤褐色・透明・浮遊物なし
木酢液 M-B 適温採取(98-106℃)	1.061	10.8	3.6	赤褐色・透明・浮遊物なし
木酢液 M-C 高温採取(167-197℃)	1.070<	13.7	3.6	濃赤褐色・透明・浮遊物なし
竹酢液 T-A 県内産	1.004	2.8	2.7	淡黄色・透明・浮遊物あり
竹酢液 T-B 県内産	1.005	2.9	2.4	淡黄色・透明・浮遊物なし
竹酢液 T-C 中国産	1.007	3.9	2.8	淡褐色・透明・浮遊物あり

表-6 木酢液・竹酢液添加寒天培地のpH

	0%	0.1%	0.5%	1%	5%	10%	原液
木酢液 M-A	4.8	5.0	4.9	5.0	5.0	5.0	4.7
木酢液 M-B	4.8	4.0	4.1	4.1	4.0	4.0	3.6
木酢液 M-C	4.8	4.1	4.2	4.2	4.1	4.0	3.6
竹酢液 T-A	5.3	5.2	5.0	4.7	4.0	3.7	2.7
竹酢液 T-B	5.3	5.2	4.9	4.6	3.8	3.5	2.4
竹酢液 T-C	5.3	5.2	4.9	4.6	3.8	3.5	2.8

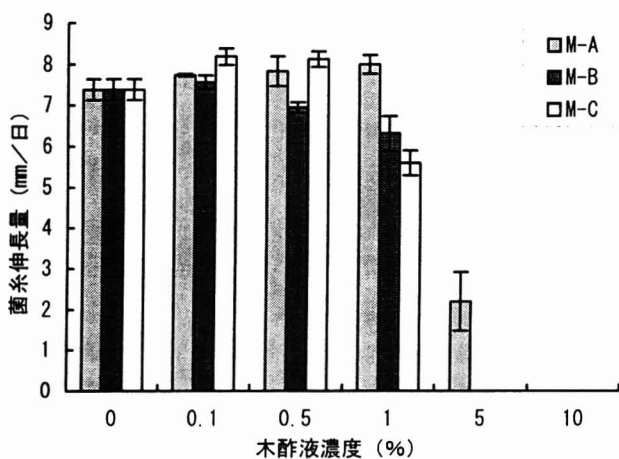


図-14 木酢液添加 PDA 培地でのナメコの菌糸伸長量

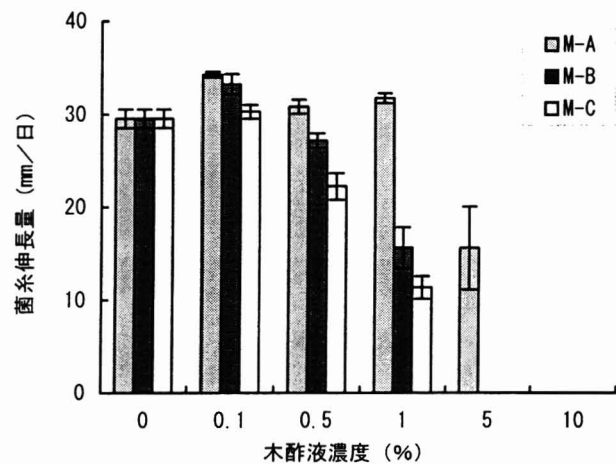


図-15 木酢液添加 PDA 培地での *H. nigricans* の菌糸伸長量

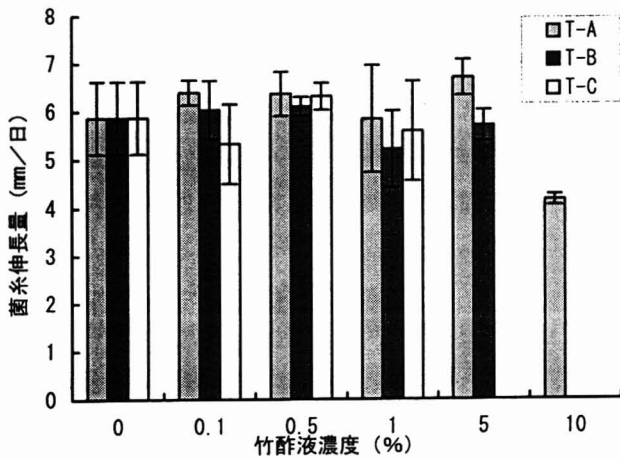


図-16 竹酢液添加 PDA 培地でのナメコの菌糸伸長量

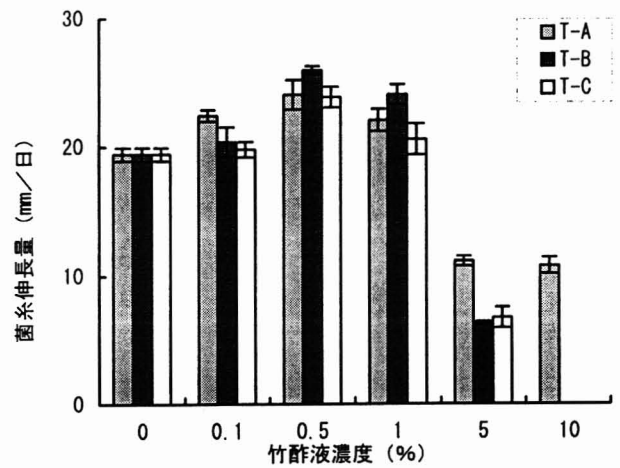


図-17 竹酢液添加 PDA 培地での *H. nigricans* の菌糸伸長量

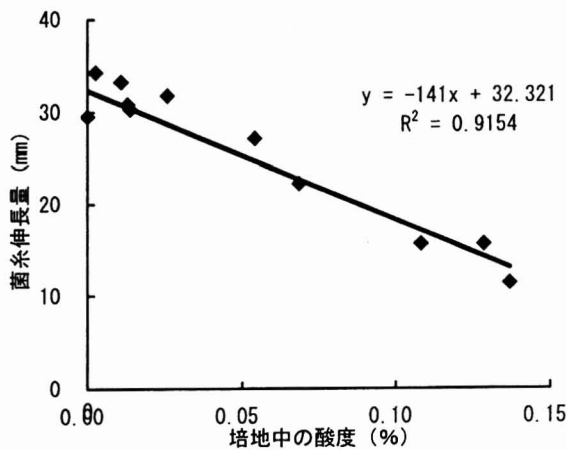


図-18 木酢液添加 PDA 培地の酸度と *H. nigricans* の菌糸伸長量の関係

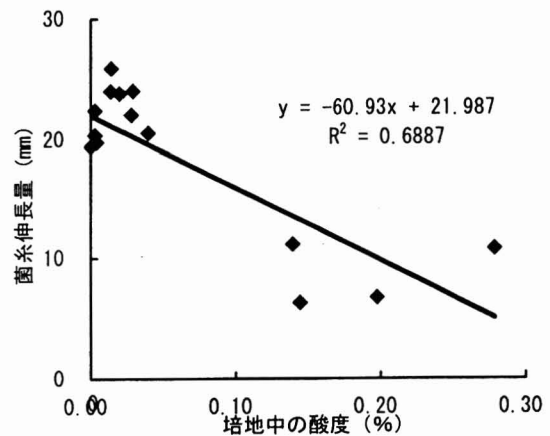


図-19 竹酢液添加 PDA 培地の酸度と *H. nigricans* の菌糸伸長量の関係

4 結言

木炭の新たな利用法として、本試験では挿し木挿し床への利用を検討したが、根数の増加は確認されたものの得苗率の低下が生じた。今後は、木炭の粒径や鹿沼土以外の基材との混合等の検討を行い、根数の安定的な増加と得苗率の向上を図ることが必要である。

木炭は、炭化時の温度や粒径によって利用効果が異なることが指摘されており、今後は各用途で最も高い効果を発揮する炭化条件や粒径を検討していく必要がある。

木酢液の品質については、炭化条件や採取条件によって生じる差が確認された。また、同じ種類の炭窯や炭材を使用しても、ある程度品質にバラツキが生じていた。そして、木酢液と竹酢液の殺

菌効果を調べたところ、いずれも顕著な効果が認められた一方で、採取温度や生産者が異なることで効果に大きな差が生じており、品質差が利用効果に影響を及ぼすことが裏付けられる結果となった。

木酢液は、種類が異なると同じ使い方をしても同様の効果が得られない場合が多い。この原因は、今回の調査でも明らかになったように品質差が大きいためであり、このことが木酢液を広く普及させることの障害となっている。こうした品質差を小さくするためには、炭窯や炭材等の種類や状態に応じたより詳細な品質の把握が必要であるとともに、木酢液の採取条件について一定の基準を作成することが重要と考えられる。

今後は炭化条件と木酢液・竹酢液の品質の関係

を更に検討して最適採取基準を定めて品質の安定を図り、標準的な木酢液の使用基準を作成することで、より多くの人々が容易に利用できるようにしていくことが必要である。

5 謝辞

本試験の実施にあたっては、木酢液や竹酢液を提供していただいた県内各地の木炭・木酢液生産者の皆様や、林業改良指導員の皆様に多大なご協力をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 林野庁編：“林業統計要覧”，林野弘済会（1957～1999）
- 2) 石原茂久：材料，Vol. 48，No. 5，473-482（1999）
- 3) 谷田貝光克，雲林院源治，大平辰朗：木材学会誌 Vol. 34，No. 2，184-188（1988）
- 4) 岸本定吉他：“炭・木酢液の利用事典”，創森社（1997）
- 5) 長野県林務部：木酢液生産流通実態調査報告書（1995）
- 6) 大矢信次郎，一ノ瀬幸久，馬渡栄達：長野県林業総合センター研究報告，No. 13，105-117（1998）
- 7) 岸本定吉他：“木酢・炭で減農薬—使い方とつくり方”，農文協（1991）
- 8) 日本木酢液協会：木酢液の規格（1993）
- 9) 野原勇太，陳野好之：林業試験場研究報告，No. 96，105-127（1957）
- 10) 岸本定吉，杉浦銀次：“日曜炭やき師入門第2版”，総合科学出版（1995）
- 11) 谷田貝光克：“木炭ハンドブック”，東京都労働経済局（1997）
- 12) 遠山義一：“実地製炭のみちしるべ”，長野県木炭生産者組合連合会（1954）
- 13) 野澤彰夫，里中聖一：北大演習林報告 39（1），163-189（1982）