

# 機能性を活用した木炭及び木酢液の効果的な利用に関する試験

高木茂\*・小坂信行\*\*

機能性を活用した木炭の利用について次のような結果が得られた。①木炭を施用した土壌でコマツナ栽培を行ったところ、木炭を施用しない土壌に比べて生長量は大きくなった。②木炭を水質浄化資材として用いる場合、あらかじめ木炭を水洗浄することにより水質浄化機能を向上させることができた。③木炭を植樹帯に敷設することにより雑草抑制効果が見られた。

木酢液の利用について次のような結果が得られた。①異なる濃度の木酢液を土壌に灌水してコマツナ栽培を行ったが、生長量に有意な差は見られなかった。②木酢液にナメクジ類に対する高い忌避効果が認められた。また、冷凍濃縮法による濃縮木酢液を用いることで、ナメクジ類に対する忌避効果の持続性を高めることができた。

キーワード：水質浄化、雑草抑制効果 濃縮木酢液 ナメクジ類 忌避効果

## 目次

- 1 緒言
- 2 土壌に施用する木炭の粒度の相違が植物生長に及ぼす影響
- 3 土壌への木炭施用がカラマツ苗生長に及ぼす影響
- 4 木炭の水洗浄による水質浄化機能の改善
- 5 木炭敷設による植樹帯での雑草抑制効果
- 6 木酢液の土壌灌水が植物生長に及ぼす影響
- 7 木酢液のナメクジ類忌避効果試験
- 8 結語
- 9 謝辞

## 1 緒言

木炭は、木質バイオマスの一分野として注目されているが、近年は燃料用途以外でも、農業、緑化分野等多方面で利用されている。また、木酢液についても農業用を中心に利用されている。しかしながら、木炭については調湿機能や土壌改良機能などについて、また、木酢液については、消臭効果や微生物への生物活性などで報告があるものの、その機能性については不明な点も多い。今後、木炭、木酢液の需要拡大を図るためにも、その機能を検証し、効果的な利用法を提示する必要がある。そこで、木炭や木酢液の利用が多い農林・緑化分野を中心に、より効果的な利用法について検討を行った。なお、本研究は県単課題（平成 18～22 年度）とし

て実施したものである。

## 2 土壌に施用する木炭の粒度の相違が植物生長に及ぼす影響

### 2.1 試験の目的

木炭の土壌への施用により、コマツナなどの植物で生長促進効果があることが報告されている。しかし、土壌に施用する木炭の粒度の相違が植物生長に及ぼす影響については、ほとんど報告がない。そこで、粒度の異なる木炭を施用した土壌でコマツナ栽培を行い、木炭の粒度の相違が植物生長に及ぼす影響について検討した。

### 2.2 試験の方法

試験には、県内の鉄製炭化炉で広葉樹材を炭化温度 400～600℃で製炭した市販の粒状木炭を用いた。これをふるいを用いて粒度 1.7mm 以下（以下「粉炭」という。）及び 3.35～4.75mm（以下「粒炭」という。）の 2 種類に調整して試験に供した。

容量 500ml のビニルポットに、粒炭及び粉炭をそれぞれ表 2-1 の施用量で用土とよく混ぜて入れ

表2-1 試験設計

用土	構内の森林土壌A層					
用土容積	500ml					
木炭の粒度	1.7mm以下 (粉炭)			3.35-4.75mm (粒炭)		
木炭施用量(g)	2	4	8	2	4	8
供試ポット数	各10					

\* 元長野県林業総合センター特産部林業専門技術員

\*\*元長野県林業総合センター特産部長

た。また、対照区として用土のみのポットも作成した。供試ポット数は各 10 個ずつとした。これらのポット内にコマツナ種子 (榊トーホク 品種番号 05357-D) を 3 粒ずつ播種した。播種は平成 21 年 7 月 20 日に行った。ポットは構内の草地に置き、雨除けとしてポットの上部約 1 m の高さで農業用ビニルを設置した。その後は散水を行い管理した。播種から 17 日後に間引きを行い、各ポットとも最も生長のよい 1 株のみを残した。播種から 32 日後に苗を抜き取り、草丈、地上部絶乾重量及び根絶乾重量を測定して生長量を比較し、木炭施用量や木炭の粒度の相違がコマツナの生長に及ぼす影響を検討した。あわせて、コマツナ栽培後の土壌について、木炭施用量別に風乾土の pH 測定した。

なお、木炭施用量 2, 4, 8 g は、それぞれ耕作地に 40kg/10a, 80kg/10a, 160kg/10a (作土層 10cm とした場合) を施用した場合に相当する。

### 2.3 結果と考察

草丈等の結果を図 2-1~2-4 に示した。木炭を施用したものは、粉炭、粒炭とも対照区に比べてコマツナの草丈は有意 ( $\alpha = 0.05$ ) に大きかった。

次に、木炭施用量別の生長量を比較すると、粉炭、粒炭とも施用量 8 g で最も生長量が大きくなった。また、木炭施用量別に粉炭と粒炭との生長量を比較してみると、施用量 2 g では、草丈と地上部絶乾重量で粉炭を施用した方が有意に測定値が大きくなった。施用量 4 g では、根絶乾重量のみで粉炭を施用した方が有意に測定値が大きくなった。また、施用量 8 g では、草丈、地上部絶乾重量、根絶乾重量とも粉炭を施用した方が有意に測定値が大きくなった。

これらのことから、土壌に木炭を施用することにより、コマツナの生長促進効果が得られ、この効果は木炭施用量 8 g で最も効果が高かった。また、粉炭と粒炭との生長促進効果の相違は、木炭施用量 8 g では粉炭のほうが明らかに効果が高い結果となったが、施用量 2 g 及び 4 g では、草丈の平均値では粉炭の方が生長促進効果が高い傾向が見られたものの、有意差の有無がまちまちで、明確な効果の差異は判然としなかった。これは、施用量 2 g 及び 4 g では、土壌に対する木炭施用量が少なく、粉炭と粒炭との生長量に及ぼす影響の相違が現れ

にくかったことが原因と考えられた。

コマツナ栽培で木炭を施用する場合、土壌 500 ml 当たり 8 g では、粒度の小さい方が生長促進効果が高くなるものと考えられた。木炭の土壌施用による植物生長促進効果は、土壌条件や栽培品目によっても効果に相違があるものと考えられることから、土壌への木炭施用に当っては、栽培品目や土壌条件などに応じて、木炭施用量を検討する必要があると考えられた。

土壌 pH は、木炭施用区では対照区に比べて pH の値が高く、施用量が多くなるほど pH 値が高かった。これは、木炭施用量が多くなるほど、木炭から溶出する灰分量が増えたことが原因と考えられた。また、粒炭と粉炭を比較すると、同一施用量では粉炭の方が pH が高かった。これは、木炭の粒度が小さいほど、施用した木炭が土壌と接する面積が大きくなり、灰分が土壌中に溶出しやすくなることによるものと考えられた。このことから、木炭を土壌に施用する場合、木炭の粒度が小さいほうが、木炭から溶出する灰分の影響が大きくなるものと考えられた。

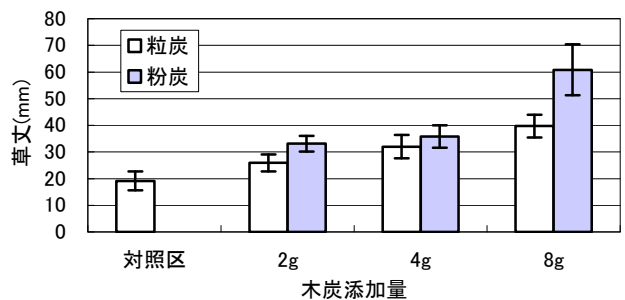


図2-1 コマツナ 草丈

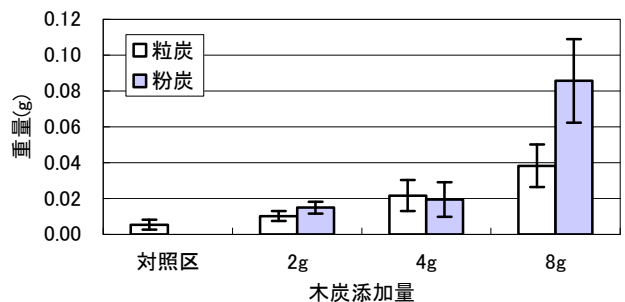


図2-2 コマツナ 地上部絶乾重量

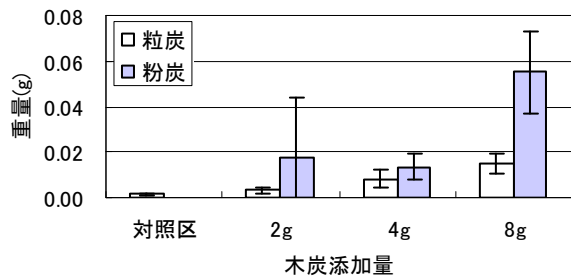


図2-3 コマツナ 根絶乾重量

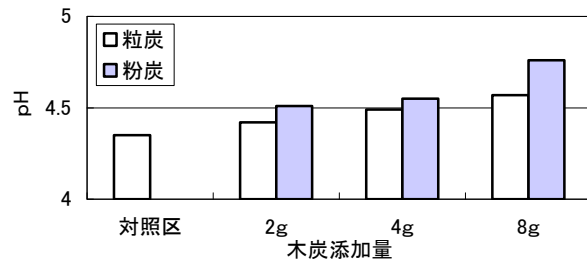


図2-4 木炭施用量別土壌pH (風乾土)

### 3 土壌への木炭施用がカラマツ苗生長に及ぼす影響

#### 3.1 試験の目的

木炭は土壌改良資材として農作物の生産などに利用されているが、造林用苗木など木本植物への木炭施用効果を検討した事例は少ない。そこで、県の主要造林樹種であるカラマツを用いて、土壌への木炭施用が苗木の生長に及ぼす影響について検討した。

#### 3.2 試験の方法

試験には、県内の鉄製炭化炉で広葉樹材を炭化温度 400~600℃で製炭した市販の粒状木炭を用いた。これをふるいを用いて粒度 1.7~3.35mm に調整して試験に供した。

容量 2L のビニルポットに、木炭を表 3-1 の施用量で用土とよく混ぜて入れた。また、対照区として用土のみのポットも作成した。供試ポット数は各 10 個ずつとした。これらのポット内にカラマツ 1 年生苗を 1 本ずつ植栽した。植栽は平成 21 年 12 月 1 日に行った。なお、植栽時に苗の樹高、根元径、苗木重量を測定した。植栽後のポットはプラスチック製育苗トレイに入れ、構内の苗畑に置いて管理した。植栽から 1 年後の平成 22 年 12 月 6 日に

カラマツ苗をポットから取り出し、樹高、根元径、重量を測定して、1 年間の生長量を木炭施用量別に比較した。また、カラマツ苗を取り出した後に、木炭施用量ごとに 3 か所ずつ土壌 (風乾土) の pH を測定した。

表3-1 試験設計

用土	構内の森林土壌B層			
木炭の粒度	1.7~3.35mm			
木炭施用量 (容積比)	5%	10%	20%	40%
供試ポット数	各10			

#### 3.3 結果と考察

結果を図 3-1~3-4 に示した。木炭を施用した場合、対照区にくらべて比べて生長量が大きくなる傾向がうかがえたが、各生長量の間での有意差 ( $\alpha = 0.05$ ) を検定したところ、樹高生長量では有意差は見られず、根元径と苗木重量の一部で有意差が見られた。このことから、木炭施用によりカラマツ苗の生長を阻害する要因はないものと考えられたが、生長促進効果については判然としなかった。

木炭が木本類の生長に及ぼす影響は、施用する土壌の種類や樹種によっても相違があると考えられる。土壌への木炭施用による林木苗への生長促進効果については、今回の試験と異なる土壌や樹種を用いるなどして更に検討が必要である。

土壌 pH は対象区に比べて木炭施用量が増加するにつれて高くなり、これは、木炭から滲出する灰分の影響によるものと考えられた。

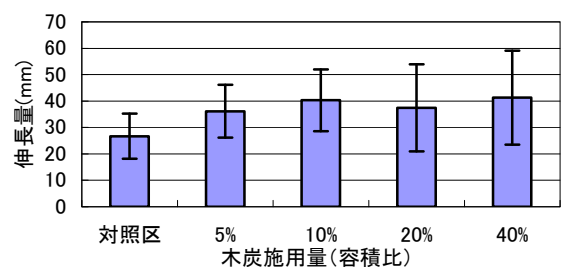


図3-1 カラマツ樹高の生長量

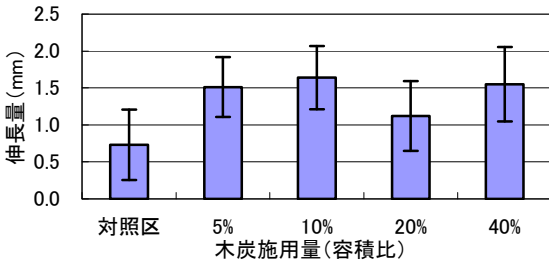


図3-2 カラムツ根元径の生長量

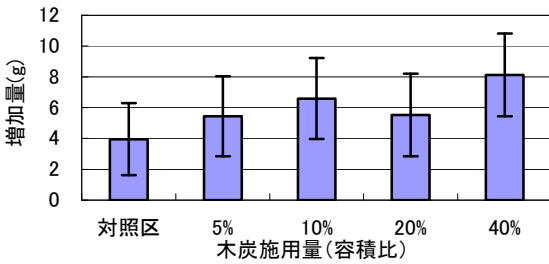


図3-3 カラムツ絶乾重量の増加量

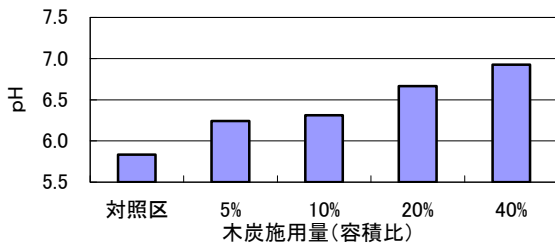


図3-4 木炭施用B層土壌のpH(風乾土)

## 4 木炭の水洗浄による水質浄化機能の改善

### 4.1 試験の目的

木炭からは水質に影響を与える物質が滲出することがわかっている<sup>1)</sup>。このため、木炭を湖沼等の環境水の水質浄化資材として用いる場合、あらかじめ木炭を洗浄しておくことで水質浄化機能が効果的に発揮されると考えられた。そこで、樹種や炭化温度の異なる木炭について、あらかじめ水で洗浄した木炭（以下「洗浄炭」という。）と洗浄を行わない木炭（以下「未洗浄炭」という。）を用いて環境水の水質浄化試験を行い、水洗浄による水質浄化機能の改善効果について検討した<sup>2)</sup>。

### 4.2 試験の方法

#### 4.2.1 木炭の製造と調整

コナラとカラムツについて長さ約 10cm、幅 1～2cm の小片を作成し、小型電気炉（FKC-10 型、星和

理工(株)製)を用いて、それぞれ炭化温度 400, 600, 800℃ (平均昇温速度 5℃/min, 所定の温度を 1 時間保持) の 3 種類の木炭を製造した。得られた木炭をふるいを用いて粒度 1.7～3.35mm に調整した。

#### 4.2.2 木炭の水洗浄

こうして調整した木炭を種類別にそれぞれガラスカラム (カラム長 55cm, 内径 22mm) に 25g ずつ詰め、上部から水 (イオン交換水) を 1 回に 400 ml ずつ導入し、木炭層を流下させてガラスカラム下部から滴下速度 5 ml /min で滴下させた。この操作を 15 回行って木炭を水洗浄し、洗浄炭とした。なお、比較のため、水洗浄を行わない未洗浄炭も用意した。

#### 4.2.3 環境水の水質浄化試験

木炭を水洗浄した後、環境水として諏訪湖 (信州大学環境研脇船着き場付近) で採取した湖水 400ml をガラスカラム上部から導入して木炭層を流下させてガラスカラム下部から滴下速度 3 ml /min で滴下させた。この方法で同じ湖水を 3 回繰り返して木炭層を流下させて、水質浄化試験とした。また、比較のため、未洗浄炭を用いて同様の試験を行った。なお、諏訪湖水の採取と水質浄化試験の実施日は表 4-1 のとおりである。

表4-1 環境水の採取日と水質浄化試験実施日 (実施年は2007年)

項目	供試木炭	実施日
カラムツ炭試験用諏訪湖水採取		10月28日
カラムツ炭による水質浄化試験	カラムツ洗浄炭	10月29日
	カラムツ未洗浄炭	10月30日
コナラ炭試験用諏訪湖水採取		11月3日
コナラ炭による水質浄化試験	コナラ洗浄炭	11月4日
	コナラ未洗浄炭	11月5日

#### 4.2.4 水質の測定

採取した湖水及びガラスカラムの木炭層を 3 回繰り返して流下させて水質浄化試験を行った湖水について表 4-2 の項目で測定を行い、水質浄化前後の測定値を比較した。

表4-2 水質測定項目と測定法

水質測定項目	測定法
COD	過マンガン酸カリウム酸化法
亜硝酸態窒素イオン( $\text{NO}_2^-$ )	改良GR法
リン酸イオン( $\text{PO}_4^{3-}$ )	モリブデンブルー法
アンモニア態窒素イオン( $\text{NH}_4^+$ )	インドフェノール法
pH	ガラス電極法
EC(電気伝導度)	電気伝導率計

### 4.3 結果と考察

測定値のうち COD,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$  について表 4-3~4-6 に示すとともに、対湖水比率として図 4-1~4-4 に示した。また、EC 値及び pH 値を図 4-5~4-8 に示した。

COD 値は、洗浄炭ではコナラ 400℃炭以外は全て除去効果が見られ、炭化温度の高い木炭ほど除去効果は高かった。これは、炭化温度の高い木炭ほど細孔容積が大きいことと、COD に影響を与える物質の滲出が少ないこと<sup>1)</sup>によるものと考えられた。また、未洗浄炭では、カラマツ 800℃炭で除去効果が見られたが、他の木炭では湖水に比べて COD 値は高くなり、炭化温度が低い木炭ほど値が高くなった。これは木炭からの滲出物の影響と考えられた。 $\text{NO}_2^-$  値は、洗浄炭ではカラマツ炭、コナラ炭とも 800℃炭で高い除去効果が見られたが、400℃炭、600℃炭では湖水よりも値は高くなった。これ

は、 $\text{NO}_2^-$  に影響を与える滲出物質は炭材や炭化温度による相違が顕著ではないこと<sup>1)</sup>から、主に細孔容積などの物性による影響によるものと考えられた。未洗浄炭ではカラマツ 800℃炭で除去効果が見られたが、他は湖水とほぼ同等か高い値となった。 $\text{PO}_4^{3-}$  値は、カラマツの 400℃炭、600℃炭で除去効果が見られたが、他の木炭では全て湖水の値を上回った。特にカラマツ、コナラとも 800℃炭で高い値であった。これは、カラマツの 400℃炭、600℃炭では  $\text{PO}_4^{3-}$  に影響を与える滲出物が少ないこと<sup>1)</sup>によるものと考えられた。また、カラマツ、コナラとも 800℃炭では湖水よりも5倍以上の高い値を示し、リン酸イオンの影響を除去するにはさらに洗浄を行う必要があると考えられた。未洗浄炭では、全ての木炭で湖水よりも高い値となった。特にカラマツ、コナラとも 800℃炭で高い値となった。 $\text{NH}_4^+$  値は、洗浄炭、未洗浄炭とも除去効果が見られたが、特に洗浄炭のうちカラマツ 400℃炭と未洗浄炭のうちコナラ 400℃炭で除去効果が高かった。一般的に 600℃以下で炭化した木炭ほどアルカリ物質を吸着する性質が強いとされているが、洗浄炭と未洗浄炭で効果に相違が見られた理由については不明である。

EC 値については、洗浄炭では全て湖水の値を下回ったが、未洗浄炭ではカラマツ 800℃炭とコナラ 600℃炭、800℃炭で湖水の値を上回った。

洗浄炭では、水洗浄により木炭に含まれる灰分な

表4-3 諏訪湖水の木炭層3回流下前後のCOD値 (単位:ppm)

	洗浄炭		未洗浄炭	
	流下前	3回流下後	流下前	3回流下後
カラマツ400℃炭	1.9	1.3	1.6	2.6
カラマツ600℃炭	1.9	0.6	1.6	1.9
カラマツ800℃炭	1.9	0.0	1.6	0.6
コナラ400℃炭	1.0	1.0	1.0	2.6
コナラ600℃炭	1.0	0.6	1.0	1.9
コナラ800℃炭	1.0	0.0	1.0	1.3

表4-5 諏訪湖水の木炭層3回流下前後の $\text{PO}_4^{3-}$ 値 (単位:mg/l)

	洗浄炭		未洗浄炭	
	流下前	3回流下後	流下前	3回流下後
カラマツ400℃炭	0.140	0.099	0.140	0.463
カラマツ600℃炭	0.140	0.095	0.140	0.399
カラマツ800℃炭	0.140	0.843	0.140	0.924
コナラ400℃炭	0.136	0.166	0.095	0.946
コナラ600℃炭	0.136	0.177	0.095	1.265
コナラ800℃炭	0.136	1.423	0.095	3.895

表4-4 諏訪湖水の木炭層3回流下前後の $\text{NO}_2^-$ 値 (単位:mg/l)

	洗浄炭		未洗浄炭	
	流下前	3回流下後	流下前	3回流下後
カラマツ400℃炭	0.021	0.023	0.021	0.042
カラマツ600℃炭	0.021	0.025	0.021	0.020
カラマツ800℃炭	0.021	0.005	0.021	0.016
コナラ400℃炭	0.017	0.023	0.021	0.051
コナラ600℃炭	0.017	0.022	0.021	0.064
コナラ800℃炭	0.017	0.003	0.021	0.034

表4-6 諏訪湖水の木炭層3回流下前後の $\text{NH}_4^+$ 値 (単位:mg/l)

	洗浄炭		未洗浄炭	
	流下前	3回流下後	流下前	3回流下後
カラマツ400℃炭	0.111	0.099	0.086	0.000
カラマツ600℃炭	0.111	0.077	0.086	0.010
カラマツ800℃炭	0.111	0.060	0.086	0.014
コナラ400℃炭	0.040	0.000	0.040	0.019
コナラ600℃炭	0.040	0.019	0.040	0.023
コナラ800℃炭	0.040	0.006	0.040	0.014

どの滲出物が除去されたことによる影響と考えられた。未洗浄炭では、滲出物の影響と考えられた。pH 値については、炭化温度の高い木炭ほど高い値となり、一般的な木炭 pH と同様の傾向を示した。洗浄炭では、炭化温度による差異は小さくなっているが、これは水洗浄により木炭からの滲出物が洗い流された結果と考えられた。

これらのことから、木炭を環境水の水質浄化資材として用いる場合には、事前に木炭を水で洗浄しておくこと水質浄化機能が改善されることがわかった。また、カラマツ炭、コナラ炭とも木炭の水質浄化機能は炭化温度により相違があることがわか

った。木炭により環境水を浄化する場合、用いる木炭の樹種や炭化温度にも留意することで水質浄化機能を更に効果的に発揮できることが示唆された。

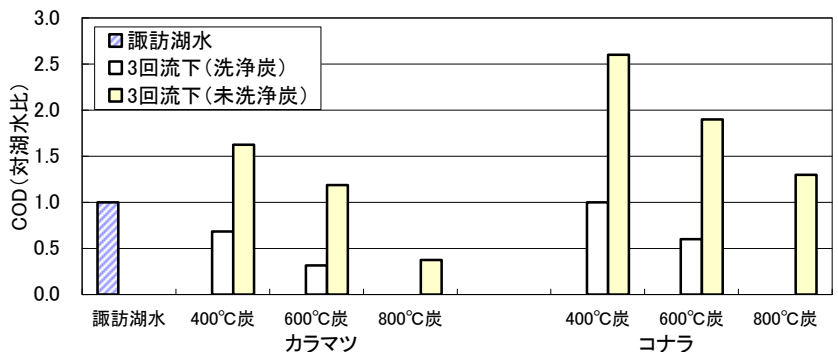


図4-1 諏訪湖水及び木炭層流下後のCOD値(対湖水比)

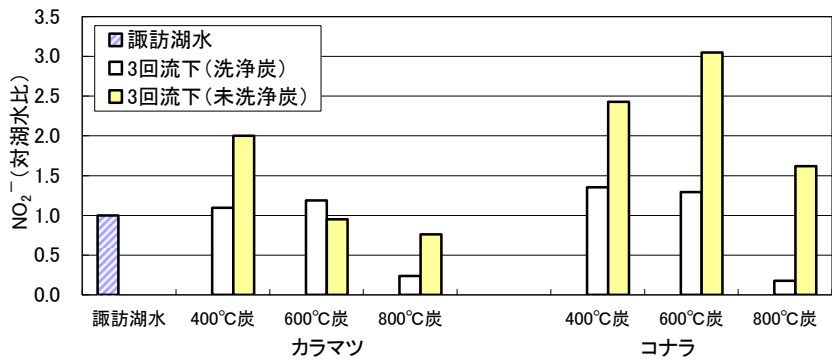


図4-2 諏訪湖水及び木炭層流下後のNO<sub>2</sub><sup>-</sup>値(対湖水比)

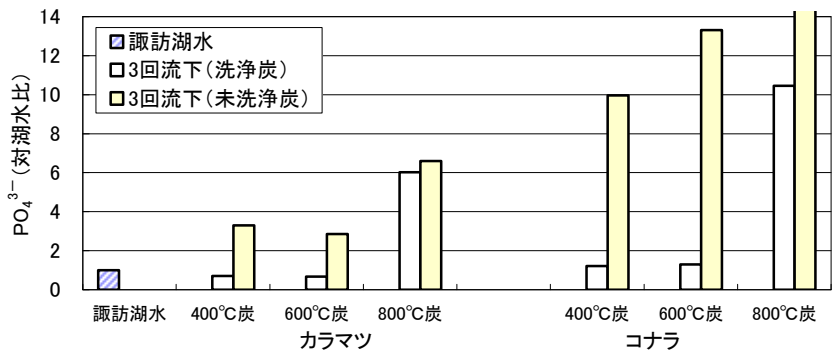


図4-3 諏訪湖水及び木炭層流下後のPO<sub>4</sub><sup>3-</sup>値(対湖水比)

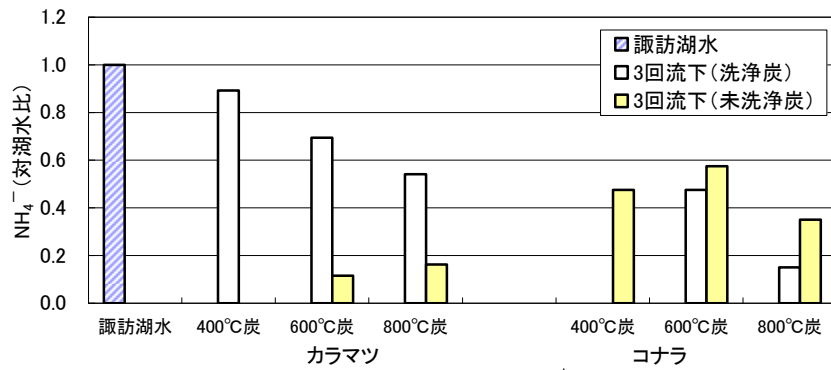


図4-4諏訪湖水及び木炭層流下後のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>値(対湖水比)

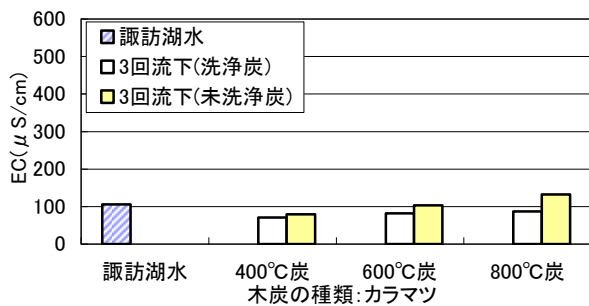


図4-5諏訪湖水及び木炭別木炭層流下後のEC値

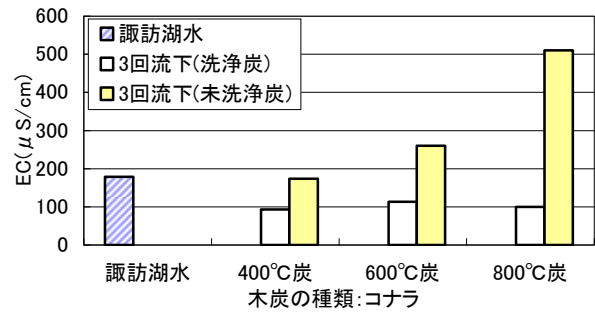


図4-6諏訪湖水及び木炭別木炭層流下後のEC値

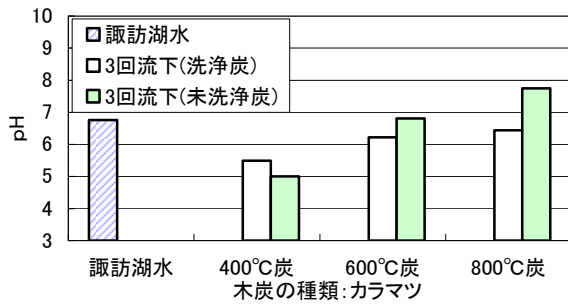


図4-7諏訪湖水及び木炭別木炭層流下後のpH

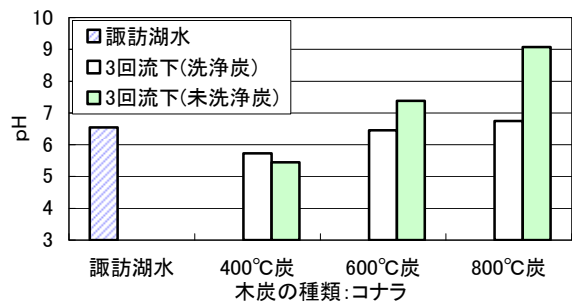


図4-8諏訪湖水及び木炭別木炭層流下後のpH

## 5 木炭敷設による植樹帯での雑草抑制効果

### 5.1 試験の目的

道路脇に併設されている植樹帯などでは植栽木以外の雑草が繁茂することが多い。こうした雑草の除去作業には多くの労力と費用を必要とする。耕地周辺などの雑草抑制手段として竹チップなどの敷設が行われることがあるが、粒炭を一定の厚さに敷設することでも、こうした雑草抑制効果が得られると考えられた。木炭の新たな用途としても期待できることから、木炭を植樹帯に敷設することによる雑草抑制効果について検討した。

### 5.2 試験の方法

本試験において雑草とは、植樹帯内に生育する植栽木以外の草本類及び木本類植物とする。

試験には、県内の鉄製炭化炉で広葉樹材を炭化温度 400～600℃で製炭した市販の粒状木炭を用いた。これをふるいを用いて粒度 5 mm 以下（以下「粉炭」という。）及び 5～30mm（以下「粒炭」という。）の 2 種類に調整して試験に供した。

これらの木炭を県道下諏訪辰野線の車道脇にある幅 50cm の植樹帯に表 5-1 のとおり敷厚を変えて敷設した。敷設位置は岡谷市川岸 1 丁目交差点か

ら南側の上り車線沿いとし、各試験区の設置位置は図 5-1 のとおりとした。木炭の敷設は平成 17 年 12 月 21 日に行った。

翌年の平成 18 年から平成 20 年までの 3 年間にわたり、毎年、6、7、8、9 月に各 1 回ずつ各試験区ごとに雑草本数を調査して比較を行った。雑草本数の調査に当たっては、各試験区ごとに一辺 30cm の正方形区画を 2ヶ所設け、その区画内に発生した雑草本数を数える方法で行った。

表5-1 試験設計

試験区名	対照区	K-5区	K-10区	T-5区	T-10区
木炭粒度	—	5mm以下(粉炭)		5~30mm(粒炭)	
木炭敷設厚	—	5cm	10cm	5cm	10cm
木炭敷設延長	各10m				

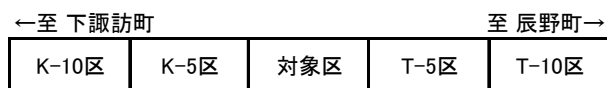


図5-1 各試験区の設置位置図

### 5.3 結果と考察

3年間の6~9月の月別平均雑草数について表 5-2 に示すとともに、月別平均雑草数の推移を図 5-2 に示した。あわせて、試験区ごとの年度別雑草本数を図 5-3~5-5 に示した。また、木炭敷設翌年の平成 18 年 9 月の試験区の状況を写真 5-1~5-5 に示した。

この結果、木炭を敷設した試験区の 3 年間平均の雑草数は対照区に比べて概ね 10~30%程度となり、木炭敷設によって植樹帯の雑草抑制効果が得られるものと考えられた。また、木炭粒度や敷設厚による雑草抑制効果の明らかな相違は判然としなかった。今回の試験結果から、粉炭、粒炭とも敷設厚 5cm 以上で雑草抑制効果が得られるものと考えられた。

木炭による雑草抑制効果は、木炭を敷設することにより土壌表面への陽光を遮ることで、土壌中の種子発芽を抑制したことが大きな要因と考えられた。一方、敷設した木炭表面には、外部から飛来した種子発芽とみられる幼苗が見られ、木炭敷設区で観察された雑草の多くは木炭敷設後に飛来した種子の発芽によるもので、特に 2 年目以降はこうした飛来種子による発芽数が多くなったものと

考えられた。また、敷設した木炭上に植栽木からの落葉の堆積や隣接する車道から発生すると思われる細かな粉じんの堆積が観察された。こうした落葉や粉じんの堆積も飛来種子の発芽に有利に働いているのではないかと推察された。

これらのことから、木炭敷設によって雑草抑制効果が得られるものの、飛来種子の発芽も見られることから、木炭敷設後の管理として、落葉の除去や木炭表面を掻き均すなどの管理を行うことでより雑草抑制効果をより効果的に発揮できるものと思われた。

表5-2 月別雑草本数(3年間平均)

	6月	7月	8月	9月	平均
対照区	84	64	43	45	59
K-5区	23	18	6	3	12
K-10区	14	25	15	17	18
T-5区	5	9	4	4	6
T-10区	12	20	7	4	11

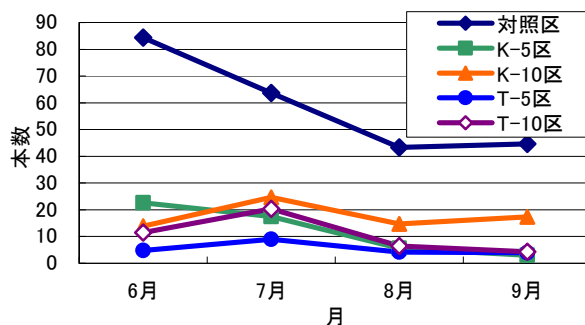


図5-2 試験区別月別雑草本数の推移 (3年間平均)

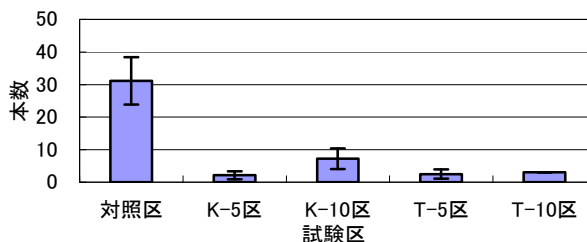


図5-3 H18年 試験区別雑草本数(4ヶ月平均)

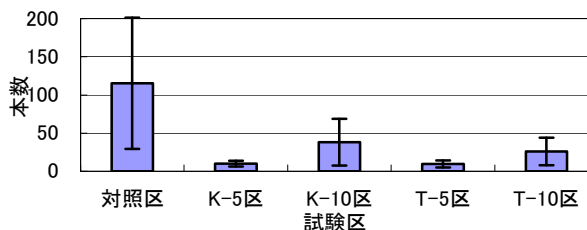


図5-4 H19年 試験区別雑草本数(4ヶ月平均)



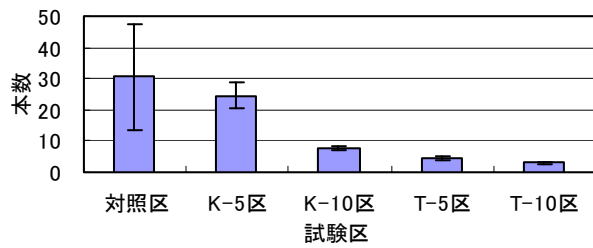


図5-5 H20年 試験区別雑草本数(4ヶ月平均)

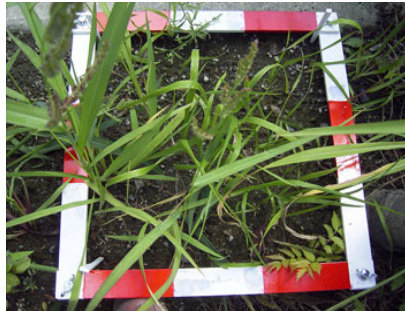


写真 5-1 対照区



写真 5-2 K-5 区



写真 5-3 K-10 区



写真 5-4 T-5 区



写真 5-5 T-10 区

## 6 木酢液の土壌灌水がコマツナの生長に及ぼす影響

### 6.1 試験の目的

農作物栽培などにおいて、作物の生育に良いとして希釈した木酢液の土壌灌水が行われることがあるが、農作物の生長促進効果を定量的に示したデータは極めて少ない。そこで、異なる濃度の木酢液を土壌灌水してコマツナ栽培を行い、生長量を比較した。

### 6.2 試験の方法

#### 6.2.1 供試木酢液

当センター構内に設置したドラム缶窯（黒炭窯）でコナラ材を製炭した際に、排煙口温度 80～150℃の煙をステンレス製煙突に導いて採取した粗木酢液を、約 5 か月間静置して得た木酢液を用

いた。木酢液の化学特性は表 6-1 のとおりである。

表6-1供試木酢液の化学特性等

色	赤褐色
透明性	○
浮遊物	無し
比重	1.021
pH	2.04
酸度(%)	8.3
溶解タール(%)	0.59

#### 6.2.2 木酢液の土壌灌水によるコマツナ栽培試験その1

2,000, 4,000, 8,000, 16,000 倍に希釈した木酢液をそれぞれ土壌灌水する試験区を設け、また対照区として水のみを灌水した試験区も設けた。

各試験区とも容量 1L のビニルポット 10 個ずつに、塩尻市片丘地区の耕地から採取した畑土を入れた。次に各希釈濃度の木酢液をそれぞれポット 1 個当たり 100ml ずつ灌水した。木酢液灌水から 4 日後の平成 18 年 7 月 31 日に、コマツナ種子 (株 トーホク 品種番号 05357-D) を 1 ポットあたり 4 粒ずつ播種した。播種したポットは構内の草地に置き、雨天時のみ屋内に移動させて管理した。木酢液灌水は播種から 15 日後及び 30 日後の 2 回、各ポットに 100ml ずつ行った。播種から 15 日後に各ポットとも最も草丈の高い 1 株のみ残して、他は間引きした。その後、播種から 45 日後に全ての株を取り出し、草丈、地上部絶乾重量及び根絶乾重量を測定して、各試験区の生長量を比較した。また、各試験区の風乾土壌について pH を測定した。

### 6.2.3 木酢液の土壌灌水によるコマツナ栽培試験その 2

試験その 1 において、木酢液濃度によるコマツナ生育に差異が判然としなかったため、翌年度に、更に濃度の高い希釈木酢液によって土壌灌水回数を増やして試験を行った。

本試験では、300, 600, 1, 200 倍に希釈した木酢液をそれぞれ土壌灌水する試験区を設け、また対照区として水のみを灌水した試験区も設けた。

各試験区とも容量 1L のビニルポット 10 個ずつに、市販の野菜栽培用土を入れた。平成 18 年 7 月 23 日に、コマツナ種子 (株 トーホク 品種番号 05357-D) を 1 ポット当たり 4 粒ずつ播種した。播種したポットは構内の草地に置き、雨天時のみ屋内に移動させて管理した。木酢液の土壌灌水は、播種の 7 日後から、1 週間おきに 6 回行った。灌水は、各回とも各ポットに 100ml ずつ行った。播種から 15 日後に各ポットとも最も草丈の高い 1 株のみ残して、他は間引きした。その後、播種から 62 日後に全ての株を取り出し、草丈、地上部絶乾重量、及び根絶乾重量を測定して、各試験区の生長量を比較した。また、各試験区の風乾土壌について pH を測定した。

## 6.3 結果と考察

### 6.3.1 木酢液の土壌灌水によるコマツナ栽培試験その 1

### 試験その 1

コマツナの測定結果を図 6-1~6-3 に、土壌 pH を図 6-4 に示した。各試験区の値に大きな相違は見られず、有意差 ( $\alpha=0.05$ ) はなかった。今回の試験結果からは、希釈した木酢液の土壌灌水によるコマツナの生長に及ぼす顕著な影響は認められなかった。土壌 pH は、木酢液を灌水した試験区では、全て対照区よりも高い値となった。

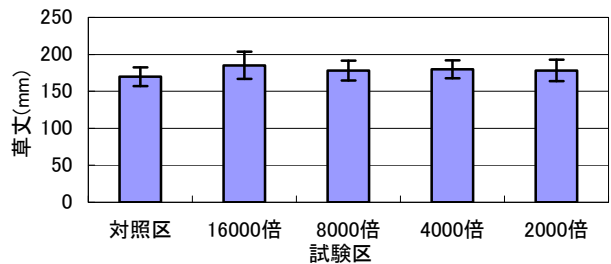


図6-1 木酢液土壌灌水栽培のコマツナ草丈(平均値)

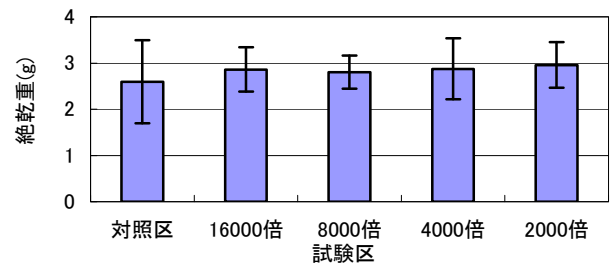


図6-2 木酢液土壌灌水栽培のコマツナ地上部絶乾重量(平均値)

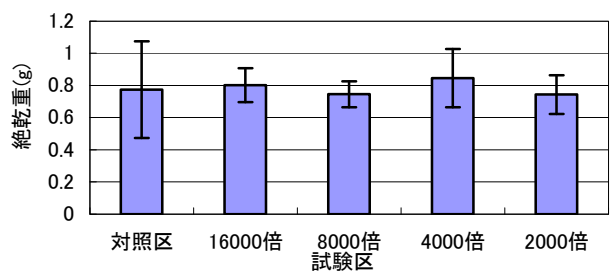


図6-3 木酢液土壌灌水栽培のコマツナ根絶乾重量(平均値)

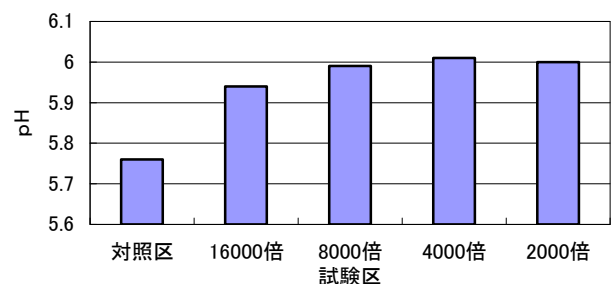


図6-4 木酢液灌水 土壌pH

### 6.3.2 木酢液の土壌灌水によるコマツナ栽培試験その2

コマツナの測定結果を図 6-5~6-7 に、土壌 pH を図 6-8 に示した。草丈で一部有意差( $\alpha=0.05$ )が見られたが、木酢液灌水がコマツナの生長量に及ぼす影響は判然としなかった。土壌 pH は、木酢液を灌水した試験区では、全て対照区よりも高い値となった。

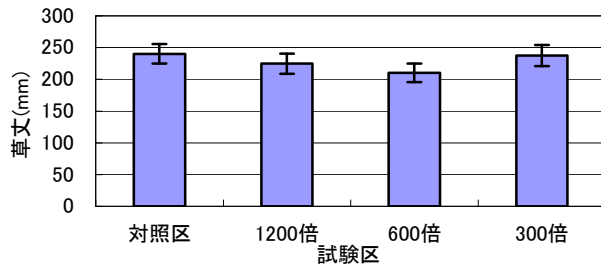


図6-5木酢液土壌灌水栽培のコマツナ草丈(平均値)

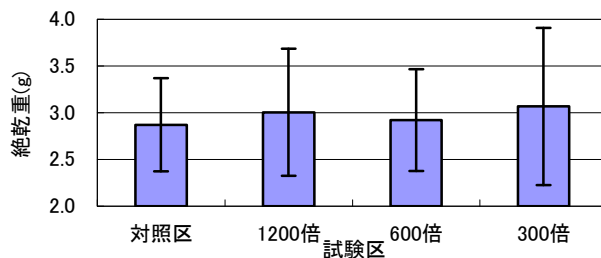


図6-6木酢液土壌灌水栽培のコマツナ地上部絶乾重量(平均値)

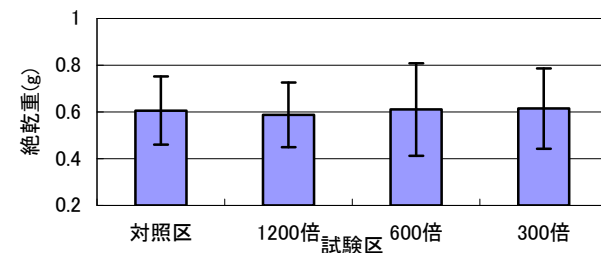


図6-7木酢液土壌灌水栽培のコマツナ根絶乾重量(平均値)

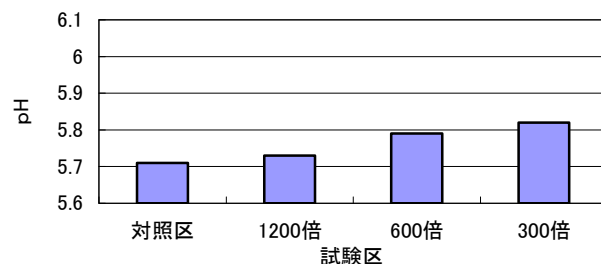


図6-8木酢液灌水 土壌pH

### 6.3.3 まとめ

木酢液濃度や灌水頻度を変えて試験を実施したが、今回の試験では木酢液の土壌灌水によるコマツナの生長に及ぼす顕著な影響は見られなかった。ただし、土壌 pH を見るといずれの試験も対照区に比べて高い値となっており、木酢液成分が土壌中の成分と化学反応を生じて、何らかの理化学的変化を及ぼしていると考えられた。

木酢液の土壌灌水による効果として、病害の低減や細根の生育促進効果などが紹介されている。今後、木酢液の植物生長に及ぼす影響を多面的に検証していく必要があると考えられた。

## 7 木酢液のナメクジ類忌避効果試験

### 7.1 試験の目的

ナメクジ類はキノコを始め、花き、野菜類などの害虫として知られている。特に、原木キノコ栽培地の環境はナメクジ類の生息環境と同一であることが多く、これら栽培地での被害防除が課題となっている。

ナメクジ類に対する木酢液の忌避効果については既に報告<sup>3)</sup>があるが、効果の持続性については検討されていない。そこで、木酢液のナメクジ忌避資材としての実用化に向けて、主に忌避効果の持続性を中心に検討を行った。<sup>4)5)6)7)</sup>

### 7.2 試験の方法

始めに、木酢液のナメクジ類に対する忌避効果の検証とその持続性及び忌避資材としての実用化のための検討を目的とした各種の室内試験を行った。なお、ナメクジ類が夜行性であることから室内試験におけるナメクジ類の取扱いは全て 20:00 頃から開始した。次に、これら室内試験の結果に基づいて、ナメクジ被害が発生している原木キノコ栽培地において現地試験を行った。

#### 7.2.1 木酢液を浸漬した直後の環状ろ紙を用いた忌避効果試験 (室内試験 1)

木酢液濃度の相違によるナメクジ類忌避効果の検証を行った。

##### (1) 供試木酢液

当センター構内に設置したドラム缶窯(黒炭窯)でコナラ材を製炭した際に、排煙口温度 80~150℃

の煙をステンレス製煙突に導いて採取した粗木酢液を6か月間静置して得た木酢液を用いた。木酢液の化学特性は表7-1のとおりである。

表7-1 供試木酢液の化学特性等

色	赤褐色
透明性	○
浮遊物	無し
比重	1.024
pH	2.07
酸度(%)	8.6
溶解タール(%)	0.88

## (2) 忌避効果試験

試験には伊那市で採取したナメクジ (*Incilaria bilineata* BENSON) と塩尻市で採取したヤマナメクジ (*Incilaria fruhstorferi* COLLINGE) を用いた。

ろ紙(Whatman 製3号)を、ナメクジ用は内径6cm、幅2cmに、ヤマナメクジ用は内径12cm、幅3cmの環状に切り出した(以下「環状ろ紙」という)。この環状ろ紙を木酢液に浸漬させて、ポリプロピレン製の容器底面に置いた。この環状ろ紙の円内にナメクジ3匹を入れて、1時間後のナメクジの円外(環状ろ紙の外側)への移動の有無をもって忌避効果の判定を行った(図7-1参照)。同様の試験をヤマナメクジでも行った。なお、試験は木酢液濃度を、ナメクジでは原液、1/5、1/10、1/50、1/100で、ヤマナメクジでは原液、1/50、1/100、1/200で行い、それぞれ個体を変えてナメクジでは3回ずつ、ヤマナメクジでは2回ずつ行った。試験はナメクジでは平成19年8月4~6日に、ヤマナメクジでは平成19年8月9、10日に行った。結果は次式により、

水のみを与えた時の移動数を100とした時(コントロール)の供試サンプルを与えた時の移動数の割合を計算し、円外移動率として示した。

円外移動率(%) = (供試サンプルを与えた時の移動数) / (水のみを与えた時の移動数) × 100

### 7.2.2 木酢液を浸漬して風乾させた環状ろ紙を用いた忌避効果試験(室内試験2)

木酢液は時間の経過とともに蒸発していく。ナメクジ忌避効果の持続性を検討するため、あらかじめ風乾させた環状ろ紙を用いて忌避効果試験を行った。

#### (1) 供試木酢液

室内試験1と同じ木酢液を使用した。

#### (2) 忌避効果試験

試験には伊那市で採取したナメクジ (*Incilaria bilineata* BENSON) と塩尻市で採取したヤマナメクジ (*Incilaria fruhstorferi* COLLINGE) を用いた。

室内試験1と同様の環状ろ紙を作成した。この環状ろ紙を木酢液に浸漬させた後、温度約27℃の室内で6時間風乾させてポリプロピレン製の容器底面に置いた。この環状ろ紙の円内にナメクジ3匹を入れて、1時間後のナメクジの円外への移動の有無をもって忌避効果の判定を行った。同様の試験をヤマナメクジでも行った。なお、試験は木酢液濃度を、ナメクジでは原液、1/3、1/5、1/10で行い、ヤマナメクジでは原液、1/3、1/5、1/10、1/50、1/100で行い、それぞれ個体を変えてナメクジでは3回ずつ、ヤマナメクジでは2回ずつ行った。試験はナメクジは平成19年8月7~9日に、ヤマナメクジは平成19年8月11、12日に行った。結果は、室内試験1と同様に円外移動率として示した。

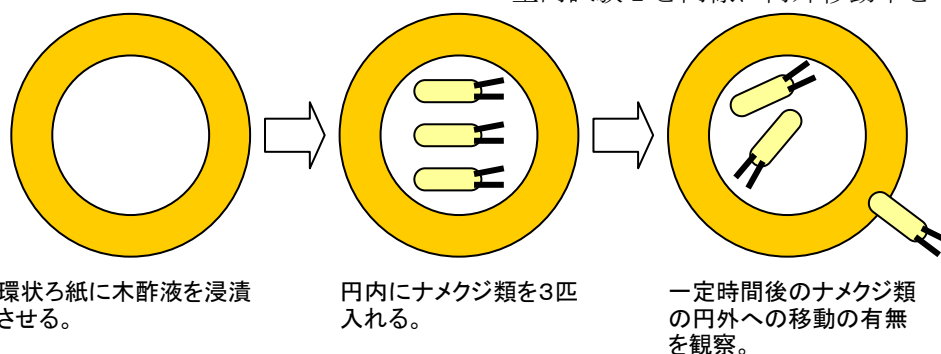


図7-1 ナメクジ類忌避試験模式図

### 7.2.3 木酢液を繰り返し浸漬させた環状ろ紙を用いた忌避効果試験（室内試験3）

ナメクジ忌避効果の持続性を検討するため本試験を行った。

#### (1) 供試木酢液

室内試験1と同じ木酢液を使用した。

#### (2) 忌避効果試験

試験には伊那市で採取したナメクジ (*Incilaria bilineata* BENSON)を用いた。

室内試験1と同様の環状ろ紙を作成して、木酢液を浸漬させた。木酢液を浸漬した環状ろ紙を80℃の乾燥機内で30分間乾燥させた後、再度木酢液を浸漬させ、それを再び80℃の乾燥機内で30分間乾燥させるという方法で、所定の回数浸漬させた環状ろ紙を作成した。ポリプロピレン製の容器底面に湿らせた砂を厚さ1cmに敷き詰め、砂の上に環状ろ紙と同サイズの環状PET板を置き、その上に環状ろ紙を置いた。環状ろ紙の円内にナメクジ3匹を入れて、1時間後及び12時間後のナメクジの円外への移動の有無をもって忌避効果の判定を行った。木酢液の浸漬回数は、5、10、20、40回とし、試験は、平成19年10月22～24日に、それぞれ個体を変えて3回ずつ行った。結果は室内試験1と同様に円外移動率として示した。

### 7.2.4 木酢液を繰り返し浸漬させた環状ろ紙を用いたキュウリ食害忌避試験（室内試験4）

農作物のナメクジ食害を防ぐことを想定して行った試験である。

#### (1) 供試木酢液

当センター構内に設置したドラム缶窯(黒炭窯)でコナラ材を製炭した際に、排煙口温度80～150℃の煙をステンレス製煙突に導いて採取した粗木酢液を15ヶ月間静置して得た木酢液を用いた。木酢液の化学特性は表7-2のとおりである。

#### (2) 忌避効果試験

試験には伊那市で採取したナメクジ (*Incilaria bilineata* BENSON)を用いた。

室内試験1と同様の環状ろ紙を作成して、木酢液を浸漬させた。木酢液を浸漬した環状ろ紙を70℃の乾燥機内で20分間乾燥させた後、再度木酢液を浸漬させ、それを再び70℃の乾燥機内で20分間乾燥させるという方法で、所定の回数浸漬させ

表7-2供試木酢液の化学特性等

色	赤褐色
透明性	○
浮遊物	無し
比重	1.022
pH	2.03
酸度(%)	8.5
溶解タール(%)	1.24

た環状ろ紙を作成した。ポリプロピレン製の容器底面に湿らせた砂を厚さ1cmに敷き詰め、砂の上に環状ろ紙と同サイズの環状PET板を置き、その上に環状ろ紙を置いた。環状ろ紙の円内に約15gの輪切りにした新鮮なキュウリを置き、環状ろ紙の外側にナメクジ3匹を入れた。容器は1mmメッシュの防虫ネットで被覆した。12時間後にナメクジのキュウリへの食害の有無を観察した。食害忌避効果の判定は、ナメクジがキュウリに向かって環状ろ紙を横断した粘液痕跡数によった。木酢液の浸漬回数は、1、5、10、20回とし、対照区として水のみを浸漬させた環状ろ紙でも試験を行った。試験は、平成20年8月8、10、11日に、それぞれ個体を変えて3回ずつ行った。

### 7.2.5 濃縮木酢液を繰り返し浸漬させた環状綿布を用いた忌避効果試験（室内試験5）

室内試験3の結果から、ナメクジ忌避効果を持続させるためには、木酢液を繰り返し浸漬することが有効であった。そこで、あらかじめ成分を濃縮した木酢液の浸漬によって、浸漬回数を減らすことができるか検討するため本試験を行った。

#### (1) 供試木酢液

県内の白炭窯でナラ材を製炭した際に、排煙口温度85～150℃の煙をステンレス製煙突に導いて採取した粗木酢液を16か月間静置して得た木酢液を用いた。

#### (2) 木酢液の濃縮

濃縮とは、溶液中の溶媒を除去して溶質濃度を高める操作であるが、濃縮方法には、加熱濃縮法、減圧濃縮法、通風濃縮法、冷凍濃縮法などがある。このうち、木酢液のような化学特性が多様な物質を含む溶液に適しており、操作も容易であることから、冷凍濃縮法による濃縮を行った。

木酢液を PET 製容器(500ml)に入れ、庫内温度 -15℃の冷凍庫内で凍結させた。次に凍結した木酢液を室温で融解させた。このとき、容器は下向きに傾け、融解した木酢液は容器の下に設置したメスシリンダーで回収した。回収量は凍結した木酢液容量の 70%相当量とした。以上の操作を 5 回繰り返し行って、500ml の木酢液から 84ml の濃縮木酢液を得た。供試木酢液とその濃縮木酢液の化学特性は表 7-3 のとおりである。

表7-3供試木酢液及び濃縮木酢液の化学特性等

	供試木酢液	濃縮木酢液
色	赤褐色	濃赤褐色
透明性	○	○
浮遊物	無し	無し
比重	1.014	1.054
pH	2.14	1.79
酸度(%)	8.4	31.2
溶解タール(%)	0.21	0.91

### (3) 忌避効果試験

試験には伊那市で採取したナメクジ (*Incilaria bilineata* BENSON) を用いた。

綿布(コスモテキスタイル(株)製 商品コード AST10000)を、内径 6cm, 幅 2cm の環状に切り出し(以下「環状綿布」という)、これに濃縮木酢液を 3ml 浸漬させる。この環状綿布を 80℃の乾燥機内で 20 分乾燥させた後、再度濃縮木酢液を 3ml 浸漬させ、それを再び 80℃の乾燥機内で乾燥させるという方法で、所定の回数浸漬させた環状綿布を作成し、その後、室温(約 25℃)で 12 時間風乾させた。次にポリプロピレン製の容器底面に湿らせた砂を厚さ 1cm に敷き詰め、砂の上に環状ろ紙と同サイズの環状 PET 板を置き、その上に環状綿布を置いた。環状ろ紙の円内にナメクジ 3 匹を入れて、1 時間後及び 12 時間後のナメクジの円外への移動の有無をもって忌避効果の判定を行った。濃縮木酢液の浸漬回数は、1, 2, 3, 6 回とし、試験は、平成 21 年 9 月 9, 11, 12 日に、それぞれ個体を変えて 3 回ずつ行った。結果は室内試験 1 と同様に円外移動率として示した。

#### 7.2.6 濃縮木酢液の浸漬量を変えた環状綿布を用いた忌避効果試験(室内試験 6)

濃縮木酢液の浸漬回数をさらに少なくするため、浸漬量を変えて忌避効果の持続性を検討した試験である。

### (1) 供試木酢液

県内の白炭窯でナラ材を製炭した際に、排煙口温度 85~150℃の煙をステンレス製煙突に導いて採取した粗木酢液を 27 ヶ月間静置して得た木酢液を用いた。

### (2) 木酢液の濃縮

濃縮は室内試験 5 と同様の方法で行った。供試木酢液とその濃縮木酢液の化学特性は表 7-4 のとおりである。

表7-4供試木酢液及び濃縮木酢液の化学特性等

	供試木酢液	濃縮木酢液
色	赤褐色	濃赤褐色
透明性	○	○
浮遊物	無し	無し
比重	1.014	1.050
pH	2.14	1.76
酸度(%)	8.4	30.2
溶解タール(%)	0.21	1.52

### (3) 忌避効果試験

試験には伊那市で採取したナメクジ (*Incilaria bilineata* BENSON) を用いた。

室内試験 5 と同様の環状綿布を作成し、これに表 7-5 のとおり各浸漬量ごとに濃縮木酢液を浸漬させた後、80℃の乾燥機内でそれぞれ一定時間乾燥した。さらにこれらの環状綿布を約 25℃の室内で 24 時間風乾させた。次に、ポリプロピレン製の容器底部に湿らせた砂を厚さ 1cm に敷き詰め、砂の上に環状綿布と同サイズの環状 PET 板を置き、その上に環状綿布を置いた。環状ろ紙の円内にナメクジ 3 匹を入れて、1 時間後及び 12 時間後のナ

表7-5 環状綿布への濃縮木酢液浸漬量と乾燥時間

濃縮木酢液浸漬量	3cc	6cc	9cc	12cc
乾燥時間	15分	25分	35分	45分

メクジの円外への移動の有無をもって忌避効果の判定を行った。試験は、平成 22 年 7 月 28, 29, 31 日に、それぞれ個体を変えて 3 回ずつ行った。結果

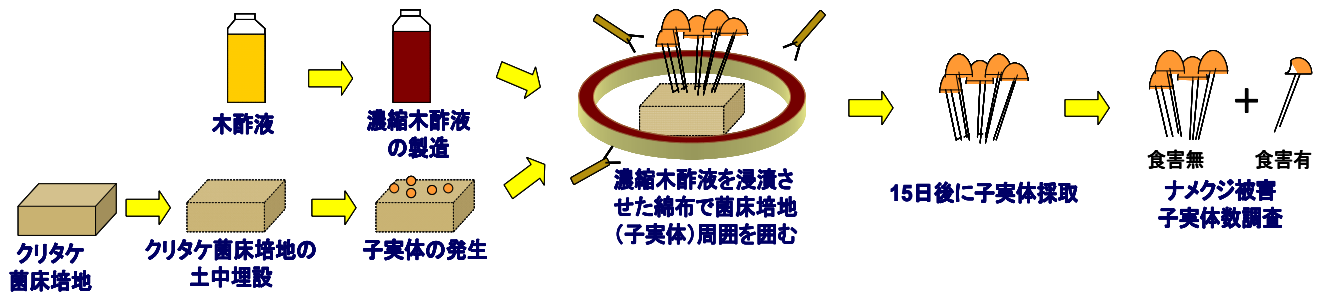


図 7-2 ナメクジ忌避効果現地試験概念図

は、7.2.1 同様に円外移動率として示した。

### 7.2.7 キノコ露地栽培地における濃縮木酢液を用いた忌避効果試験その1（現地試験1）

濃縮木酢液を繰り返し浸漬した環状綿布を用いた現地試験である。図 7-2 に現地試験の概念図を示した。

#### (1) 供試木酢液

室内試験 5 と同様の木酢液を用いた。

#### (2) 木酢液の濃縮

濃縮は室内試験 5 と同様の方法で行った。供試木酢液とその濃縮木酢液の化学特性は表 7-4 と同様である。

#### (3) 忌避効果試験

現地試験は次の 2 か所で行った。

- ① 伊那市内の原木シイタケ栽培地(以下「伊那試験地」という)
- ② 中野市内の原木ナメコ及びクリタケ栽培地(以下「中野試験地」という)

伊那試験地ではヤマナメクジによる被害及び中野試験地ではチャコウラナメクジによる被害が確認されている。

まず、長野県産のクリタケ野生菌株を用いて表 7-6 の条件で完熟クリタケ菌床培地を作成した。

培地組成	ブナおが粉:コメニーフード:豆皮=10:1:1(容積比)
含水率	65%
培養温度	20℃
容器	600ccポリプロピレン袋
培養期間	14ヶ月

得られた菌床培地を平成 21 年 8 月下旬に伊那試験地には 6 個、中野試験地には 2 個、それぞれ試験地の土中に埋設して、菌床培地の周囲を鹿沼土で埋め戻した。

綿布(コスモテキスタイル(株)製、製品番号 AST10000)を内直径 305mm、幅 25mm の環状に加工し、この綿布に濃縮木酢液を浸漬させた。

この環状綿布を 80℃の乾燥機内で 20 分乾燥させた後、再度濃縮木酢液を浸漬させ、それを再び 80℃の乾燥機内で乾燥させるという方法で、3 回及び 6 回浸漬させた環状綿布をそれぞれ作成し、その後、室温(約 25℃)で 12 時間風乾させた。

次に、合板を内直径 300mm、幅 30mm、厚さ 30mm の環状に加工して、濃縮木酢液の合板への滲出を防止するため、合板上面に内直径と幅が同サイズで厚さ 0.5mm の PET 板を取り付けた。その PET 板の上面に濃縮木酢液を浸漬させた環状綿布を設置した(以下「環状合板」という)。対照区として水のみを浸漬させた環状綿布を設置した環状合板も作成した。また、環状合板の内側面から L 形金具を用いて内直径 250mm、幅 80mm、厚さ 0.5mm の塩化ビニル製の雨除けを綿布から高さ 30mm の位置に取り付けた(図 7-3 及び写真 7-1 参照)。この環状合板

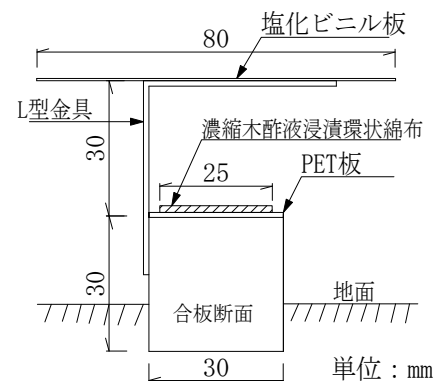


図 7-3 ナメクジ忌避試験 環状合板断面図



写真 7-1 ナメクジ忌避試験状況

を土中埋設したクリタケ培地を囲むように設置した。環状合板の設置は両試験地とも子実体発生が見られた10月24日に行った。試験区として、伊那試験地では、対照区、3回浸漬区及び6回浸漬区をそれぞれ2区画ずつ設置し、中野試験地では、対照区と6回浸漬区を1区画ずつ設置した。環状合板の設置から15日後の11月7日に各試験区に発生した子実体を採取し、子実体本数とそのうちの食害本数を調査した。結果は次式により食害率として示した。

$$\text{食害率}(\%) = \text{食害本数} / \text{子実体本数} \times 100$$

### 7.2.8 キノコ露地栽培地における濃縮木酢液を用いた忌避効果試験その2 (現地試験2)

濃縮木酢液の浸漬量を変えた環状綿布を用いた現地試験である。

#### (1) 供試木酢液

室内試験6と同様の木酢液を用いた。

#### (2) 木酢液の濃縮

濃縮は室内試験5と同様の方法で行った。供試木酢液とその濃縮木酢液の化学特性は表7-4と同様である。

#### (3) 忌避効果試験

現地試験1と同じ伊那市内の原木シイタケ栽培地(伊那試験地)で行った。

まず、長野県産のクリタケ野生菌株を用いて表7-6の条件で完熟したクリタケ菌床培地を作成した。得られた菌床培地6個を平成22年9月下旬に試験地の土中に埋設して、菌床培地の周囲を鹿沼土で埋め戻した。

現地試験1と同様の環状綿布に濃縮木酢液を

表7-7濃縮木酢液浸漬量と乾燥時間

濃縮木酢液浸漬量	乾燥時間
28ml(12ml/100cm <sup>2</sup> )	25分
42ml(18ml/100cm <sup>2</sup> )	35分

浸漬させ、80℃の乾燥機内で一定時間乾燥させた。木酢液の浸漬量と乾燥機内での乾燥時間は表7-7のとおりである。室内試験6では、本試験で42mlに相当する量(室内試験6の12ml)を浸漬させることにより高い忌避効果が得られていることから、本実験では、42mlのほか、比較のため、42mlの2/3相当量の28mlを浸漬させた場合でも行うこととした。なお、環状綿布への浸漬量は、28mlは100cm<sup>2</sup>当たり12ml、42mlは100cm<sup>2</sup>当たり18mlの濃縮木酢液を浸漬させることに相当する。

次に、これらの環状綿布を設置した現地試験1と同じ構造の環状合板を作成した(図7-3、写真7-1参照)。

この環状合板を土中埋設したクリタケ培地を囲むように設置した。環状合板の設置は全ての試験区で子実体発生が見られた10月18日に行った。試験区は、綿布に水のみを浸漬させた対照区、濃縮木酢液28ml浸漬区、42ml浸漬区の3試験区とし、各試験区とも2区画ずつ設けた。15日後の11月3日に各試験区に発生した子実体を採取し、子実体本数とそのうちの食害本数を調査した。結果は次式により食害率として示した。

$$\text{食害率}(\%) = \text{食害本数} / \text{子実体本数} \times 100$$

## 7.3 結果と考察

### 7.3.1 木酢液を浸漬した直後の環状ろ紙を用いた忌避効果試験(室内試験1)

結果を図7-4、7-5に示した。原液では円外への移動は全く見られず、木酢液にはナメクジ及びヤマナメクジに対する高い忌避効果が認められた。しかし、ナメクジでは濃度1/100で、ヤマナメクジでは濃度1/200で著しく忌避効果が低下し、ナメクジ類の木酢液に対する感受性に違いが見られた。このことから、木酢液濃度の低下に伴い忌避効果も低くなることがわかり、木酢液をナメクジ忌避資材として利用するには、原液又は濃度の高い状態での利用が望ましいと考えられた。



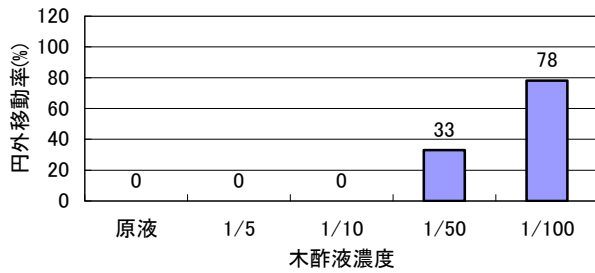


図7-4 ナメクジ円外移動率(室内試験1)

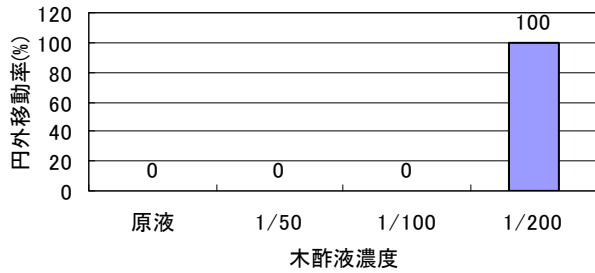


図7-5 ヤマナメクジ円外移動率(室内試験1)

### 7.3.2 木酢液を浸漬して風乾させた環状ろ紙を用いた忌避効果試験(室内試験2)

結果を図7-6, 7-7に示した。木酢液を風乾させると忌避効果が低下することがわかった。風乾により木酢液中の揮発性の高い物質の割合が低減したと考えられ、揮発性の高い物質の忌避効果への寄与率も高いことが推察された。この結果から、木酢液のナメクジ忌避資材としての実用化を図るためには除放性など揮発性を調整する工夫が必要

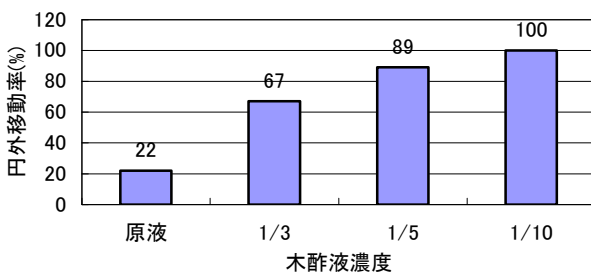


図7-6 ナメクジ円外移動率(室内試験2)

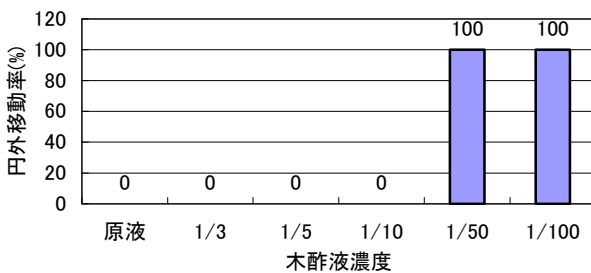


図7-7 ヤマナメクジ円外移動率(室内試験2)

であると考えられた。

### 7.3.3 木酢液を繰り返し浸漬させた環状ろ紙を用いた忌避効果試験(室内試験3)

結果を図7-8に示した。木酢液の浸漬と80℃乾燥を繰り返すことで忌避効果が12時間持続することがわかった。木酢液の浸漬と乾燥を繰り返すことで、揮発しにくい物質である溶解タール分がろ紙に蓄積し、それらが忌避効果に関与していたのではないかと考えられた。忌避資材としての実用化には、木酢液成分の濃度を高めることが有効であると考えられた。

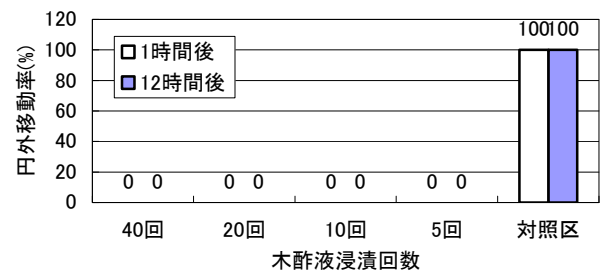


図7-8 ナメクジ円外移動率(室内試験3)

### 7.3.4 木酢液を繰り返し浸漬させた環状ろ紙を用いたキュウリ食害忌避試験(室内試験4)

図7-9に結果を示した。浸漬回数5回以上では、環状ろ紙円内へのナメクジの侵入は認められなかった。このことから、室内試験2の結果と同じく、浸漬回数5回以上であれば、キュウリに対する食害忌避効果は12時間持続することがわかった。

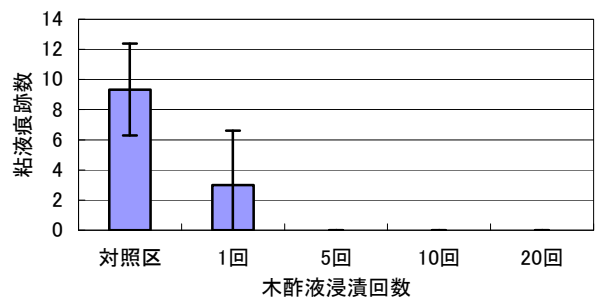


図7-9 環状ろ紙を横断したナメクジ粘液痕跡数(室内実験4)

### 7.3.5 濃縮木酢液を繰り返し浸漬させた環状綿布を用いた忌避効果試験(室内試験5)

結果を図7-10に示した。濃縮木酢液を3回及び6回浸漬を繰り返した場合に、ナメクジは1匹も

円外に移動することはなく、濃縮木酢液を3回以上繰り返すことにより高い忌避効果が12時間持続することがわかった。室内試験3結果では5回浸漬以上で12時間後のナメクジの円外移動が見られなかったが、今回は3回浸漬で円外への移動が認められなかったことから、濃縮木酢液を用いることによって少ない浸漬回数で同様の忌避効果があることがわかった。木酢液及び濃縮木酢液をそれぞれ環状綿布に浸漬して乾燥させた時の木酢液成分の固定量を比較したところ、同一浸漬回数では濃縮木酢液の方が木酢液の約4倍量(重量比)の成分を固定できていることがわかった(図7-11)。このことから、忌避効果の違いは環状綿布への木酢液の固定量の差が影響していると考えられた。また、浸漬回数1, 2回において、1時間後にナメクジの円外移動が見られたが、これは浸漬後に12時間の風乾を行ったため、木酢液成分のうち、比較的揮発しやすい物質が揮発したためであると考えられた。今回の試験では、環状綿布への1回ごとの浸漬量を3mlとしたが、1回ごとの浸漬量を増やすことで一度の浸漬で環状綿布に固定する木酢液分量を増やし、さらに少ない浸漬回数でも高い忌避効果が得られるのではないかと推察された。

供試した木酢液と濃縮木酢液を比較してみると、

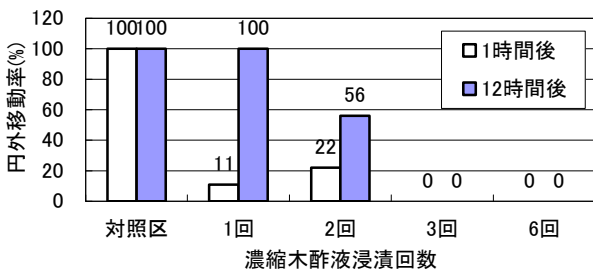


図7-10 ナメクジ円外移動率(室内実験5)

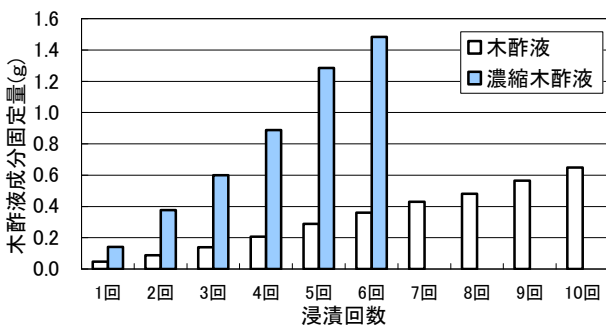


図7-11 環状綿布への浸漬回数別木酢液成分固定量

濃縮木酢液はpHが低く、比重、酸度、溶解タール分は高い値を示しており、冷凍濃縮法により溶質が濃縮されたと考えられた。

なお、冷凍濃縮は5回目を行った後に同様の方法で6回目も試みたが、融解の際に凍結物全体が一気に溶け出して溶質と溶媒の分離が困難で、この方法では6回以上の濃縮はできなかった。

### 7.3.6 濃縮木酢液の浸漬量を変えた環状綿布を用いた忌避効果試験(室内試験6)

図7-12に結果を示した。濃縮木酢液の浸漬量を9ml及び12mlとした場合では、12時間後においてもナメクジの円外への移動は見られなかった。このことから、濃縮木酢液を1回に9ml以上浸漬させることで、高いナメクジ忌避効果が得られることがわかった。これは、綿布100m<sup>2</sup>当たり約18mlの濃縮木酢液を浸漬させることに相当する。一方、浸漬量が3ml及び6mlでは、1時間後にナメクジの円外移動が見られた。室内試験2の結果から、木酢液を風乾させると忌避効果が低下することがわかっており、その原因として揮発性の高い物質の割合が低下したことが要因と考えられた。今回の試験で浸漬量3ml及び6mlで1時間後に円外移動が見られたことについても、24時間の風乾による高揮発性物質の割合低下が要因と考えられた。

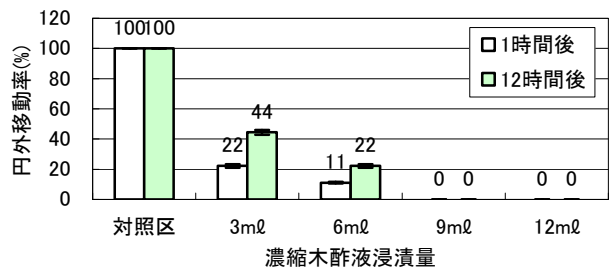


図7-12 ナメクジ円外移動率(室内試験6)

### 7.3.7 キノコ露地栽培地における濃縮木酢液を用いた忌避効果試験その1(現地試験1)

結果を表7-8, 7-9及び図7-13, 7-14に示した。伊那試験地では、食害率が対照区で52%であったのに対して、3回浸漬区で12%、6回浸漬区で6%となり、濃縮木酢液を繰り返し浸漬した場合、15日間にわたり忌避効果が持続した。特に6

回浸漬区では高い忌避効果が得られた。このことから、濃縮木酢液の浸漬を繰り返して、その成分を綿布に一定量以上固定させることにより、ナメクジ及びチャコウラナメクジに対する忌避効果が15日間にわたって持続することがわかった。

表7-8 クリタケ発生子実体と食害子実体数(伊那試験地)

	対照区	3回浸漬	6回浸漬
発生子実体数	178	148	145
食害子実体数	92	18	8

\*子実体数は2区画合計値

表7-9 クリタケ発生子実体と食害子実体数(中野試験)

	対照区	6回浸漬
発生子実体数	77	147
食害子実体数	43	3

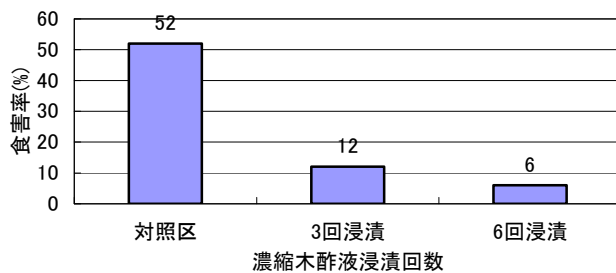


図7-13クリタケ子実体の食害率(伊那試験地)

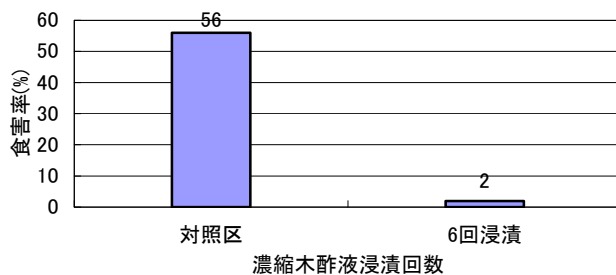


図7-14クリタケ子実体の食害率(中野試験地)

### 7.3.8 キノコ露地栽培地における濃縮木酢液を用いた忌避効果試験その2(現地試験2)

結果を表7-10及び図7-15に示した。対照区に比べ、綿布に濃縮木酢液を浸漬させた場合に食害率は低下した。特に42ml浸漬区では、食害率は2%に止まり、高い忌避効果が認められた。これは室内試験6と同様の傾向であった。今回の試験結

果から、綿布に一定量の木酢液を浸漬させることにより、ヤマナメクジに対する高い忌避効果が得られ、その効果は15日間持続することがわかった。以上のことから、キノコ露地栽培において、子実体発生から収穫までの期間、ナメクジ忌避資材として濃縮木酢液が利用できると考えられた。

表7-10 クリタケ発生子実体と食害子実体数(伊那試験地)

	対照区	3回浸漬	6回浸漬
発生子実体数	66	65	103
食害子実体数	26	8	2

\*子実体数は2区画合計値

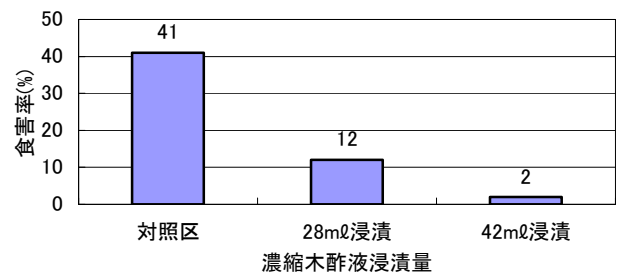


図7-15クリタケ子実体の食害率(伊那試験地)

### 7.3.9 まとめ

一連のナメクジ忌避効果試験の結果から、木酢液にはナメクジ類に対する高い忌避効果が認められることがわかった。一方で、木酢液濃度が低くなったり、木酢液が乾燥すると忌避効果が低下することもわかり、忌避効果の持続性が課題となった。そこで、忌避効果の持続性について検討したところ、木酢液を繰り返し浸漬させるという方法により忌避効果の持続性を高めることができることがわかった。繰り返し浸漬するという方法で持続性を高められるということは、木酢液成分をあらかじめ濃縮した木酢液を用いても同様の効果が得られるのではないかと考えた。そこで、冷凍濃縮法によって濃縮木酢液を製造し、忌避試験を行ったところ、一定量の濃縮木酢液により忌避効果の持続性を得ることができた。次に、実際にナメクジ類による被害が発生しているキノコ露地栽培地において現地試験を行ったところ、子実体の発生から収穫までの間、高い忌避効果を得ることができた。これらのことから、木酢液や濃縮木酢液は、ナメクジ

類忌避資材として利用できるものと考えられた。今回の現地試験では、木酢液や濃縮木酢液を浸漬させる素材として綿布を使用した。さらに含浸量の大きい素材を検討することにより、より効果的なナメクジ類忌避資材が開発できると考えられる。

また、今回使用した濃縮木酢液は、供試木酢液に比べて容量は1/5以下に低下している。このことから、濃縮木酢液は、木酢液の輸送コストの低減や貯蔵における省スペース化など経済的な面でも有利であると考えられた。

## 8 結語

木炭は、土壌改良資材や水質浄化資材、吸湿資材など、木炭の持つ機能性を活用した利用法が紹介されている。しかしながら、これら利用法の効果を裏付けるデータの蓄積は乏しく、今後、木炭の利用拡大を図るためにも、データの蓄積が重要である。本課題では、主に木炭の農林・緑化分野での利用を中心に、従来不明であった項目についていくつかの検討を加えた。その結果、水質浄化資材として利用する場合の水洗浄の有効性や木炭敷設による雑草抑制効果などについての知見を得ることができた。

木酢液については、土壌灌水の植物生長に及ぼす影響と、ナメクジ類忌避効果について検討を行った。このうち、土壌灌水については、いくつかの試験を行ったもののその影響は判然としないため、今後の検討課題としたい。ナメクジ類忌避効果については、効果の持続性に課題があったが、濃縮木酢液の利用などにより、実用化に一定の目途がついたものと考えられた。

## 9 謝辞

木炭の水洗浄による水質浄化機能の改善及び木酢液のナメクジ類忌避効果試験の実施に当たっては、独立行政法人森林総合研究所 バイオマス化学研究領域 樹木抽出成分研究室 大平辰朗室長ほか皆様に多大なるご指導及びご尽力を賜りました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

木酢液のナメクジ類忌避試験の実施に当たっては、当センター附属森林学習展示館 前館長の大原均氏にナメクジの提供をいただきました。また、

伊那市の白石氏及び中野市浅沼氏、中野市農協の皆様にはナメクジ類忌避効果試験の現地試験地を提供していただきました。ここに厚くお礼申し上げます。そのほか、本課題を進めるに当たりご協力いただきました皆様に厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 高木茂・大平辰朗・松井直之(2005) 木炭からの滲出物が水質に及ぼす影響, p229, 第55回日本木材学会大会研究発表要旨集
- 2) 高木茂・大平辰朗・松井直之(2008) 木炭の水洗浄による水質浄化機能の改善, p156, 第58回日本木材学会大会研究発表要旨集
- 3) 竹井誠・林晃史(1968) ハエ並びにナメクジに対する木酢液の効果について, p252, 衛生動物 Vol. 19 No. 4
- 4) 高木茂・大平辰朗(2008) 木酢液のナメクジ類に対する忌避効果その1, p47, 第6回木質炭化学会研究発表会講演要旨集
- 5) 高木茂・増野和彦・大平辰朗(2010) 木酢液のナメクジ類に対する忌避効果その2, p54, 木質炭化学会第8回研究発表会講演要旨集
- 6) 高木茂・大平辰朗(2010) 木酢液のナメクジ類に対する忌避効果その3, p66, 日本木材学会中部支部大会講演要旨集第20号
- 7) 高木茂・増野和彦(2011) 木酢液のナメクジ類に対する忌避効果その4, p164, 第61回日本木材学会大会研究発表要旨集