

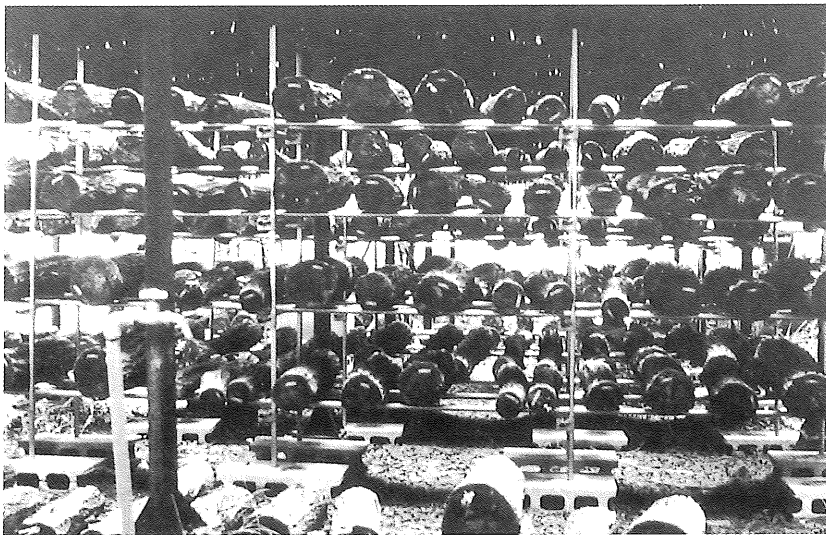
島根林技研報
Bull. Shimane Pref.
For. Res. Cent.

ISSN 0910-9471

島根県林業技術センター 研究報告

BULLETIN OF
THE SHIMANE PREFECTURE
FOREST RESEARCH CENTER

No. 50
1999



島根県林業技術センター

目 次

論文

島根県における製材業の実態分析

..... 石 橋 公 雄・西 政 敏 1

論文

リョウブからの組織培養による植物体再生

..... 福 島 勉 9

論文

Cistella japonica のヒノキへの接種による漏脂病の発病推移

..... 扇 大 輔・周 藤 靖 雄・河 井 美 紀 子 17

論文

シイタケ原木栽培における人工庇蔭下のほだ木内温度

..... 富 川 康 之 27

論文

林業機械作業が林地土壌に及ぼす影響

..... 西 政 敏・石 橋 公 雄 35

表紙写真

人工ほだ場

(P33から)

論文 島根県における製材業の実態分析

石橋公雄・西政敏

Study on Actual Conditions of Sawmilling industry in Shimane Prefecture

Kimio ISHIBASHI, Masatoshi NISHI

要 旨

1. 島根県における平成8年の製材業の事業実態を調査した。
2. 製材施設保有事業体は266あり、製材を行った事業体は221であった。
3. 年間の全製材量は363,258m³であり、内訳は国産材49%、外材が51%であった。
4. 1事業体当たりの平均年間製材量は1,644m³であり、労働者一人当たりの年間製材量は166m³であった。
5. 全製材品出荷量は249千m³で、内建築用材が193千m³であった。乾燥材の生産量は30千m³であった。
6. 製材事業従事者は1,493人で、90%は常時雇用であった。40歳以下が15%で、60歳以上の高齢者が30%を占めた。

I はじめに

島根県の製材業は、昭和40年代初頭には500以上の事業体が稼働し県内の工鉱業の中で工場数・従業員数・年間出荷額が全体の15%以上を占める県の中心的産業であった(8)。

その後、住宅工法の変化、金属・コンクリートなどの代替材の進出により木材の需要が減少し、昭和50年代後半から事業体数も200台で推移している。製材品出荷量も昭和48年のピーク時の50%までに減少している。

また、昭和40年代初頭には95%以上、昭和62年でも約80%と高いシェアを持っていた県内製材用原木の国産材比率も、価格面・品質面・ロット面など消費者ニーズの変化に伴って外材の使用が増加し、現在では50%を割る状況にある。

一方、昭和30年代以降、木材生産を目的として大量に造林された県内の人工林資源は成熟しつつあり、近い将来伐期を迎える。これら森林から生産される県産材(国産材)を着実に利用することが、今後の林業の振興に大

きく結び付くものとする(3)。

このため、今後の製材活動のあり方、それに対応する方策を解明する目的で、平成8年における島根県内製材業の実態について調査検討した。

本調査に当たって協力をいただいた島根県木材協会、島根県木材協同組合連合会、中国合板協同組合、島根県合板協同組合、労働省島根労働基準局、島根県社会保険事務局、林材業労働災害防止協会に厚くお礼申し上げる。

II 調査方法

調査事業体は昭和52年4月1日～平成8年2月1日の木材業登録業者、製材業登録業者およびチップ製造業登録業者とした。登録業者以外の事業体については、労働災害事業場リストを使用して木材協会、林材業災害防止協会各支部、労働基準局、各労働基準監督署、社会保険事務局の協力で聞き取り調査を行い過去と現在に製材業を行った事業体を把握した。

調査対象の内、平成8年1月1日～12月31日に製材活動を行った事業体を製材実施事業体として、次の9項目

について調査した。

- ①事業体の製材施設（製材機等）の保有状況
- ②平成8年の製材使用原木量（樹種別）
- ③使用原木入手先
- ④平成8年の製材製品別出荷量
- ⑤製品出荷先
- ⑥事業体の従業員数
- ⑦従業員の年齢
- ⑧賃金、雇用形態、研修、社会保険など就労条件
- ⑨今後の事業展開及び経営業務上の課題

なお、回答で原木使用量、従業員数などが不明なものについては、木材協会・林業労働災害防止協会各支部および労働基準監督署や社会保険事務局の協力を得て集計や分析を行った。

また、輸入木材については神戸税関境支所、浜田支所、海陸運送等で聞き取り調査をした。

Ⅲ 結果および考察

1. 製材事業体数

1) 事業体数

帯のこなどの製材事業に必要な施設を所有する事業体は266であった。このうち、平成8年に製材事業（合板を除く）を行った事業体は221であった。事業体の経営形態は、個人経営が91、会社経営が124、森林組合が6であった。製材実施事業体の数を流域（森林計画区）別にみると、斐伊川134、江の川下流47、高津川32、隠岐8の順であった（表-1）。

製材設備を保有しながら、製材活動を休止している事業体は約20%もあり、江の川下流、斐伊川流域に多かった。休止事業体の多くは個人経営で製材機出力数75KW以下の小規模工場の事業体で、そのほとんどが今後木材業は継続するが製材業は廃業予定が多かった。

県内の製材事業体数は平成3年度の製材業実態調査(7)の結果と比較して約10%減少した。減少数が多かった地域は、県産材を中心に製材している斐伊川・江の川下流の山間部に集中していた。これは、今回の調査で製材設備を保有しながら、製材活動を休止している事業体が約20%あったが、その地域も江の川下流・斐伊川に多く、地域的には一致し国産材不況がうらづけられる結果となった。

松江市・出雲市など都市部では事業体数が増加する結

果となったが、これは工務店等が材の挽き直し用に小規模な製材設備を所有するケースが多くなったためと考えられる。

2) 規模別事業体数

工場出力が、75KW以下の小規模工場で製材活動を行っている事業体が75%と多数を占め、75~300KWの中規模工場の事業体は18%、300KW以上の大規模工場の事業体は7%に過ぎなかった（表-2）。

流域別では、斐伊川・隠岐は75KW以下の小規模工場の割合が80%以上と高く、300KW以上の大規模工場の割合は3%と低かった。江の川下流は75KW以下の小規模工場の割合が70%以上であったが、300KW以上の大規模工場の割合も10%以上であった。高津川では大規模工場の割合が18%と高く、中大規模工場の割合は50%以上を占め、特に益田市においては調査した23工場の内15工場が100KW以上の工場であった。

3) 使用原木別（外材・国産材）事業体数

80%以上の外材を製材する外材専用事業体は34であり、国産材を80%以上製材する国産材専用事業体は94であった。また、併用事業体は93であった。

国産材専用事業体は、出力規模75KW以下の小規模事業体の割合が90%と高く、300KW以上の大規模工場は1事業体しかなかった。外材専用事業体は、出力規模300KW以上の大規模事業体の割合が30%以上と高く、75KW以下の小規模事業体割合は15%と低かった（表-2）。

製材規模別事業体数で見ると製材活動の拠点は、高津川の益田市を中心とする地域、江の川下流の浜田を中心とする地域、斐伊川の出雲市・松江市を中心とする地域の3か所と考えられる。益田・浜田では県外の大手住宅メーカーの下請け製品及びパレット等が主に生産される県外出荷型で外材専用事業体が多く存在した。また、出雲市・松江市では、地域住宅密着型と県外出荷型とに二分され国産材・外材併用型が多かった。

国産材専用事業体は、邑智郡内にヒノキ材を中心に製材を行い製品を県外に出荷している大規模事業体はあるが拠点化は図られておらず、県内各地に散らばっており拠点は存在しなかった。

今後、国産材振興を行う上には国産材専用事業体の団地化等の拠点作りが早急に必要と考える。

表-1 流域別素材生産事業体数

流域	市・郡	施設保有	製材実施	稼働率(%)	平成2年の製材実施数	平成2年との比較(%)
斐伊川	安来・能義	25	23	92.0	24	95.6
	松江・八束	29	28	96.6	23	121.7
	仁多・大原・飯石	48	30	62.5	44	68.2
	出雲・平田・簸川	62	53	85.5	49	108.2
	計	164 (61.6%)	134 (60.6%)	91.7	140	95.7
江の川 下流	大田・邇摩	15	12	80.0	12	100.0
	邑智	23	16	69.6	24	66.7
	浜田・江津・那賀	21	19	90.5	21	90.5
	計	59 (22.2%)	47 (21.3%)	79.7	57	82.5
高津川	益田	24	23	95.8	25	92.0
	美濃・鹿足	10	9	90.0	10	90.0
	計	34 (12.8%)	32 (14.5%)	94.1	35	91.4
隠岐	隠岐	9	8	88.9	10	80.0
	計	9 (3.4%)	8 (3.6%)	88.9	10	80.0
合	計	266 (100%)	221 (100%)	83.3	242	91.3

表-2 製材規模別(出力別)・材別(外材・国産材)事業体数

流域	市・郡	22.5KW未満	~37.5KW	~75.0KW	~150KW	~300KW	300KW以上	計
斐伊川	安来・能義	7	11	4	1	0	0	23
	松江・八束	5	8	9	2	2	2	28
	仁多・大原・飯石	4	13	9	2	2	0	30
	出雲・平田・簸川	5	18	17	8	3	2	53
	計	21(15.7)	50(37.3)	39(29.1)	13(9.7)	7(5.2)	4(3.0)	34(100%)
江の川 下流	大田・邇摩	1	5	3	1	2	0	12
	邑智	3	4	5	2	1	1	16
	浜田・江津・那賀	2	3	9	1	0	4	19
	計	6(12.8)	12(25.5)	17(36.2)	4(8.5)	3(6.4)	5(10.6)	47(100%)
高津川	益田	1	3	4	4	5	6	23
	美濃・鹿足	1	2	3	0	3	0	9
	計	2(6.3)	5(15.6)	7(14.7)	4(12.5)	8(25.0)	6(18.6)	32(100%)
隠岐	隠岐	2	3	2	1	0	0	8
	計	2	3(37.5)	2(25.0)	1(12.5)	0(0.0)	0(0.0)	8(100%)
合	計	31(14.0)	70(31.7)	65(29.4)	22(10.0)	18(8.1)	15(6.8)	221(100%)
内 訳	外材専用	0	2	3	8	10	11	34
	国・外併用	8	32	36	8	6	3	93
	国産材専用	23	36	26	6	2	1	94

2. 製材量

1) 原木消費量

平成8年の製材用原木消費量は約36万m³であった。比率は国産材49%外材51%であった。国産材の樹種別内訳はマツ類が54%と多く、スギは33%、ヒノキは11%と少なかった(表-3)。

外材比率は昭和62年の21%(7)に比較して、10年間で約2.5倍となった。

国産材では、マツが島根県の代表的な樹種であり、益田木材市場が全国の立値を持っている関係から県内全域でマツの製材が現在でも行われていることが実証された。

2) 原木入手先

国産材の入手方法は、木材市場からが56%、素材生産業者からが31%、自ら伐採が13%であった。県産材の割合は、木材市場の入手が不明ではあるが、素材生産業者、自ら伐採を含め60%以上と考える。

昭和50年代まで県内の中小規模の事業者の主流であった兼業で、自社の利用材を素材生産していた地場挽き業者(2, 4, 5, 7)は、昭和53年度の103事業者(6)から今回の調査では38事業者に激減した。このことは、素材生産費の高騰、消費者ニーズに適した素材の枯渇、製材の採算性の確保などのために使用原木の変更を余儀なくされ、製材業者の多くが原木の入手を地場調達から市場調達に変更したためと考える(1)。

外材原木の入手方法は、木材販売会社からが多く58%、

商社26%、木材市場16%であった。

県外の木材販売会社に商社を加えた、県外からの仕入れ量は70%以上であった。

流域別にみると、斐伊川は鳥取県(境港)からが多く、江の川下流・高津川は広島県(広島港)からが多かった。このことは、現在県内の外材輸入港が浜田港しかなく、浜田港は合板原木輸入が主体となっているためと考えられる。

3) 乾燥施設

平成8年12月現在、県内の221事業者のうち29が乾燥施設を整備しており、平成8年全製材量の8.3%の3万m³の乾燥材が生産されている(表-3)。

乾燥施設は県下の西部地域に集中して整備されており、益田市においては、29事業者中10に乾燥施設が整備されていた。また、乾燥施設を整備している事業者は大手住宅メーカー等県外と取引のある外材専用工場に集中していた。国産材専用工場では、75KW以上の中大規模の事業者で5事業者(55.6%)が乾燥施設を整備していたが、75KW以下の小規模の事業者では3事業者(3.5%)だけにとどまった(表-2)。

乾燥は木材の最大の欠点であるくいを少なくする方法であり、今後、木材産業強いては国産材の振興を図るためには、乾燥材生産施設の整備を早急に行なう必要があると考える。

表-3 平成8年の製材用原木消費量

(単位:千m³)

流域	市・郡	スギ	ヒノキ	マツ	その他	国産材計	外材	合計	内乾燥材
斐伊川	安来・能義	3,918	1,507	4,769	986	11,180	17,665	28,845	19
	松江・八束	2,488	411	6,343	49	9,291	9,896	19,187	300
	仁多・大原・飯石	8,708	2,709	14,239	1,173	26,829	26,829	53,658	350
	出雲・平田・簸川	11,789	5,129	29,247	527	46,692	37,017	83,709	2,200
	計	26,903	9,756	54,589	2,735	93,992	91,407	185,399	2,869
江の川	大田・邇摩	4,949	1,549	9,705	119	16,322	1,228	17,550	1,085
	邑智	8,585	6,615	7,213	250	22,663	1,617	24,280	2,135
	浜田・江津・那賀	2,479	556	6,243	165	9,443	16,214	25,657	3,140
	計	16,013	8,720	23,161	534	48,428	19,059	67,487	6,360
益田	益田	10,639	314	12,165	165	23,283	72,220	95,503	20,327
	美濃・鹿足	2,973	390	2,922	195	6,480	947	7,427	460
	計	13,612	704	15,087	360	29,763	73,167	102,930	20,787
隠岐	隠岐	3,270	139	3,988	35	7,432	10	7,442	150
	計	3,270	139	3,988	35	7,432	10	7,442	150
合	計	59,798	19,319	96,834	3,664	179,615	183,643	363,258	30,166
構成比	(%)	(16.5)	(5.3)	(26.7)	(1.0)	(49.4)	(50.6)	(100)	(8.3)
		(33.3)	(10.8)	(53.9)	(2.0)	(100)			

表-4 国産材入手先

(単位:千㎡)

	木材市場			素材生産業者			自ら 伐採	合計
	県内	県外	計	県内	県外	計		
斐伊川	42	21	63	16	7	23	8	94
江の川下流	13	6	19	14	4	18	11	48
高津川	12	4	16	10	1	11	3	30
隠岐	1	1	2	3	0	3	2	7
計	68	32	100	43	12	55	24	179
比率	(38.0)	(17.9)	(55.9)	(24.0)	(6.7)	(30.7)	(13.4)	(100%)

表-5 外材入手先

(単位:千㎡)

	木材 市場	木材販売会社						計	商社	合計
		県内	山口	広島	鳥取	岡山	その他			
斐伊川	18	11	3	14	18	5	2	53	20	91
江の川下流	1	2	0	6	1	0	1	10	8	19
高津川	11	11	6	20	1	0	3	41	21	73
隠岐	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
計	30	25	9	40	26	5	6	111	49	183
比率	(15.8)	(13.2)	(4.7)	(21.1)	(13.7)	(2.6)	(3.2)	(58.4)	(25.8)	(100%)

4) 生産性

1事業体当たりの平均年間製材量は1,644㎡であった。流域別では大規模工場の多い益田市を中心とする高津川が3,027㎡と高く、続いて江の川下流の1,159㎡、斐伊川の1,021㎡、隠岐の826㎡であった。また、従業員一人当たりの年間製材量は県平均で243.3㎡であった。流域別では、斐伊川246.2㎡、江の川下流173.5㎡、高津川352.5㎡、隠岐126.1㎡であった。大規模及び外材専用事業体では一人当たりの年間製材量が1,500㎡を超える事業体もあった。このことは、製材する品目によって異っているが、国産材専用事業体に比較して外材専用事業体が高い生産性を示すと考える。

5) 製材品出荷量

平成8年の製材工場の製材品出荷量は259千㎡であった。

用途別では、建築用材が76%、土木建設用材が9%、木箱・仕組板・梱包用材が13%、家具建具用材が3%、その他が3%であった。

製材品出荷量は8年連続して前年を下回り、昭和48年のピーク時の約50%まで落ちこみ昭和30年代初めごろの水準に低迷している(表-6)(8)。

今後も製材品需要分野の動向および近年の海外製品の増加傾向などから、この傾向はしばらく続くと考えられる。

用途別出荷量も、昭和48年のピーク時と比較すると、全品目で減少しているが、建築用材の板類及び木箱仕組板・梱包用材の減少が著しい。これは建築工法の変化、輸入製品の大幅な増加および木造率の低下などによると考えられる。

表-6 製材品出荷量の推移

(単位:千㎡)

年	合計	指数	建築用材				土木建築	木箱仕組板	家具建具	その他
			小計	板類	ひき割類	ひき角類	角材	梱包用材	用材	用材
1957	232	50								
1965	415	89	298	85	83	129	23	57	13	25
1970	442	95	287	74	82	131	26	83	10	36
1973	464	100	337	82	90	165	15	79	14	19
1983	312	67	244	56	70	118	8	49	6	4
1997	231	50	176	27	53	96	9	30	8	8

6) 地域性

益田市では、大型事業体の多くがパレット（梱包材）を生産し、山口県を中心に出荷している。以前はマツ主体の原木使用であったが、現在はニュージーランド産のラジアタパインを中心に外材使用率が75%以上を占めている。このことは、製品の乾燥度を要求されることと、原木価格によると考える。

浜田市では、大手住宅メーカー受注製材品を生産している事業体があり、原木はすべて米松を中心とするカナダ材（3,600m³）である。以前はスギ・ヒノキ材で生産していたが、昭和63年以降は住宅メーカーの材指定のため米松を使用している。このことは、単価面・ロット面から変更を余儀なくされたと考えられる。

邑智町には、国産材を使用した柱材専門生産の事業体があり川本営林署管内を中心とした地元ヒノキ材を年間3,000m³製材している。製品はすべて乾燥材で大阪・岡山を中心に県外に出荷している。ここは、事業体経営者の独自努力による原木確保および製品の販路開拓に努めている。

3. 製材事業従事者

1) 従事者数

平成8年の製材事業従事者数は1,493人であり、平成2年度の製材業実態調査（7）の1,546人から53人減少した。地域的には事業体数に比例して斐伊川が753人と一番多く、次に江の川下流、高津川であった。

男女別では、男性が78%、女性が22%と女性の比率が6%上昇した。

年齢構成は40歳以下が15%と低く、60歳以上が30%と高かったが、平成2年より40歳以下が13%から2%上昇し、60歳以上が33%から3%減少し老齢化率は低下した。このことは外材専用工場で定年制が実施されたためと考える（表-7）。

雇用形態は180日以上常時雇用者が1,358人と90%以上を占め、臨時雇用者は10%以下と少なかった。

1社当たりの平均従業員数は6.8人で、地域的には大型の事業体が多数存在する高津川が9.1人と多く、小規模事業体の多い斐伊川が5.6人と少なかった。

表-7 製材業従事者数

(単位：人)

流 域	40歳未満			～50歳			～60歳			60歳以上			合 計		
	男性	女性	計	男性	女性	計	男性	女性	計	男性	女性	計	男性	女性	計
斐伊川	91	14	105	128	58	186	140	55	195	244	23	267	603	150	753
江川	43	11	54	64	22	86	103	46	149	91	9	100	301	88	389
高津川	42	11	53	35	22	57	93	37	130	43	9	53	213	79	292
隠岐	4	2	6	12	2	14	13	3	16	21	2	23	50	9	59
合 計	180	38	218	239	104	343	349	141	490	399	43	442	1,167	362	1,493
構成比(%)	12	3	15	16	7	23	23	9	33	27	3	30	78	22	100
1992年			202			368			462			514	1,321	225	1,546
構成比(%)			13			24			30			33	84	16	100

2) 雇用条件

社会保険の加入状況は、労災保険加入率は100%で全員が加入していたが、厚生年金加入率は低く、1,172人しか加入しておらず加入率は78.5%に留まっていた。また、雇用保険の加入率は92.2%であった。

社会保険の未加入者の多くは、国産材製材を主体とする小規模製材事業体に集中した。その主な原因は、事業体の経費節減と従業員の自己負担保険料支払い拒否や年

間を通じた事業量確保の困難にあると考える(1)。加入促進にさいしては社会保険制度の必要性を説明し、経営者と従事者の理解を徹底する必要があると考える。

今後、国産材製材の小規模事業体は、協業化・組織化を図り組織の強化及び年間を通じた製材事業の受注安定化を図り、社会保険はもとより給与面も含めた雇用対策が必要と考える。

表-8 事業体の製材事業についての考え方

質 問	回 答	数(割合)	質 問	回 答	数(割合)
①後継者	いる	126(57)	④今後の事業展開	拡大	26(12)
	いない	47(21)		現状維持	101(46)
	不明	38(17)		縮小	53(24)
②今後の伐採予測	増加する	2(0.8)		廃業	28(13)
	横ばい	32(13.1)		不明	13(6)
	減少する	169(70.0)	⑤経営上の課題 (複数回等)	売上高の低迷	163(74)
	不明	42(17.1)		製品価格の低迷	143(65)
③今後の従業員の確保	できる	46(18.8)		コストの上昇	126(57)
	できない	111(45.3)		商品開発	103(47)
	不明	87(35.5)	原木の枯渇	98(44)	
			共同化	76(34)	

4. 事業体の今後の製材事業についての考え方 (表-8)

①後継者：半数以上の126事業体が後継者がいると回答した。いないと回答した47事業体は郡部に集中し、その多くは75KW以下の国産材専用及び国産材・外材併用の小規模事業体であった。

②今後の製材予測：減少すると回答した事業体は国産材専用及び国産材・外材併用事業体を中心に131(59%)あった。その理由としては住宅建設様式の変化に伴う国産材の利用減退を挙げる事業体が多かった。

③従業員の確保：今後とも確保ができると回答した事業体は約半数の105で、できないと回答したものは郡部の小規模工場に集中した。

④今後の事業展開：現状維持と回答した事業体が約半数の101事業体で、拡大と回答した事業体は26にすぎなかった。また、経営の悪化・後継者不在等のため縮小および廃業すると回答した事業体は81におよんだ。

⑤経営業務上の課題：売上高の低迷を回答した事業体が163(74%)と一番多く、続いて製品化価格の低迷143(65%)、コストの上昇126(57%)と経営サイドの課題を挙げる事業体が多く、木材不況が製材事業体を直撃している結果となった。

引 用 文 献

- (1) 石橋公雄・西 政敏(1998)：島根県における素材生産業の実態の分析, 島根林技セ研報 49 :1-9
- (2) 枝木良夫(1971):林業の地域分析に関する研究, 島根林試研報 24 : 41-120
- (3) 日本林業調査会(1978)：日本の森林・林業
- (4) 林業問題研究会(1963)：経済分析からみた日本の林業
- (5) 島根県林業振興課(1997)：地域木材産業再編システム化対策調査報告書
- (6) 島根県林政課(1978):製材業等実態調査資料
- (7) 島根県林政課(1992):製材業等実態調査報告書
- (8) 島根県統計課(1974):島根県統計100年誌

Study on Actual Conditions of Sawmilling industry in Shimane Prefecture

Kimio ISHIBASHI, Masatoshi NISHI

Summary

1. In 1996, actual conditions of sawmilling industry were surveyed in Shimane Prefecture, Japan.
2. There were 266 sawmills and 221 of them were in operation.
3. The annual sawlog consumption of sawmills was 363,258 m³, and domestic timber and imported timber were occupied by 49% and 51% of all the sawlog consumption, respectively.
4. The average annual sawlog consumption was 1,644 m³ per sawmill and 166 m³ per employee.
5. The amount of sawn lumber supplied was 249,000 m³, and 193,000 m³ of that was used for construction. The amount of kiln-dried sawn lumber supplied was 30,000 m³.
6. Total number of employees was 1,493 person and 90% of them were fulltime employment. The employees who were below 40 years old were occupied by 15% of all the employees, and those who were above 59 years old were occupied by 30%.

論文 リョウブからの組織培養による植物体再生

福 島 勉

Plantlet Regeneration in *Clethra barbinervis* in vitro

Tsutomu FUKUSHIMA

要 旨

リョウブ成木2個体の冬芽, また切り枝を水さししてインキュベーター内に置いてこれから発生した不定枝の頂芽と腋芽を外植体として組織培養による増殖を試験した。初代培養で展開した芽を移植して継代培養すると, マルチプルシュートを形成した。なお, 剥皮枝条の培養も試みたが, 不定芽が発生せず, 外植体としては不適當であった。マルチプルシュートからシュートを採取した後, さらに継代培養を続けると, 培養株は再度マルチプルシュートを形成した。このように, マルチプルシュートを誘導する方法によってリョウブの大量増殖が可能であった。継代培養に使用する基本培地はWPM培地がMS改変培地より適した。収穫シュートを発根培地で培養すると発根し, 植物体を再生した。継代培養でのシュート発生本数とシュートからの発根は個体差が著しく, 1個体はまったく発根せず, 再生植物体が得られなかった。再生植物体の順化は容易であった。

I はじめに

リョウブ (*Clethra barbinervis* Sieb. et Zucc.) は床柱などの建築材のほか, 材が淡黄褐色で堅く緻密なことから器具材, また良質の薪炭材として利用されてきたが, 花序が美しく, 樹皮がサルスベリに似ていることから最近は切り花や庭園木としても用いられる。また, 若葉は食用となり, 山菜としても珍重されている。

しかし, 本樹種はこれまでもっぱら天然木の利用がほとんどで, 実生増殖は可能(8, 9, 15)であるものの, さし木増殖は容易とするもの(10, 13)と困難とするもの(8)があり, 実用的な育苗技術は確立されていない。そこで, 筆者はリョウブの組織培養による増殖を試験した結果, 植物体を再生することができたので報告する。

II 材料と方法

1) 初代培養

組織培養に供試した材料は八束郡宍道町の島根県林業技術センター構内に自生しているリョウブ成木2本(樹齢不明)から採取した。まず, 1997年10月16日, No.1木から冬芽を付けた枝を採取し, ポリエチレン袋に入れて冷蔵庫で貯蔵した。11月4日, 袋から取り出して, 頂芽に約5mm長の枝を付けて切り取って芽鱗を除去し, 裸芽とした。これを70%エタノールに2分間浸漬後, Tween #20を微量滴下した1%次亜塩素酸ナトリウム溶液中で20分間かくはんして表面殺菌した。続いて滅菌水で3回洗浄した後, 滅菌ろ紙上で風乾した。そして, 裸芽の外側を覆っている葉3~4枚を除去し, これに枝の木部約1mmを付けたものを外植体として試験管内の培地に植え付けて4週間培養した。

つぎに, 11月28日No.2木から直径1~3cm, 長さ約30

表-1 培養に使用した基本培地の組成

組 成 物	MS 1	MS 2	WPM 1	WPM 2
KNO ₃	950mg/ℓ	475	—	—
KH ₂ NO ₃	825	412.5	400	200
K ₂ SO ₄	—	—	990	495
Ca(NO ₃) ₂ · 2 H ₂ O	—	—	556	278
CaCl ₂ · 2 H ₂ O	440	220	96	48
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	370	185	370	185
KH ₂ PO ₄	170	85	170	85
Na ₂ -EDTA ¹⁾	37.3	18.65	37.3	18.65
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	27.8	13.9	27.8	13.9
MnSO ₄ · 4 H ₂ O	22.3	11.15	22.3	11.15
ZnSO ₄ · 4 H ₂ O	8.6	4.3	—	—
ZnSO ₄ · 7 H ₂ O	—	—	8.6	4.3
H ₃ BO ₄	6.2	3.1	6.2	3.1
KI	0.83	0.415	—	—
Na ₂ MoO ₄ · 2 H ₂ O	0.25	0.125	0.25	0.125
CuSO ₄ · 5 H ₂ O	0.025	0.0125	0.25	0.125
CoCl ₂ · 6 H ₂ O	0.025	0.0125	—	—
グリシン	2.0	—	2.0	—
塩酸チアミン	0.1	0.4	1.0	1.0
ニコチン酸	0.5	—	0.5	0.5
塩酸ピリドキシン	0.5	—	0.5	—
ミオ・イノシトール	100	100	100	100
ショ糖	30,000	15,000	20,000	10,000
寒天	8,000	7,000	8,000	7,000
pH	5.8	5.8	5.4	5.4

1) エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム

cmの枝を採取してガラス容器に水さした。これを23℃、白色蛍光灯約500lux照明のインキュベーター内に置き、水さし枝から発生、伸長した不定枝を'98年1月9日に採取し、頂芽または腋芽に約5mm長の茎を付けて切り分けた。外植体の表面殺菌は70%エタノールに1分間浸漬後、Tween #20を微量滴下した1%次亜塩素酸ナトリウム溶液中で15分間かくはんした。そして、滅菌水で3回洗浄し、滅菌ろ紙上で風乾した後、表面殺菌で傷んだ茎の切り口を切除して試験管内の培地に植え付け、6週間培養した。

また、No.2木からは枝採取時に冬芽を付けた小枝を採取してポリ袋に入れ、5℃の冷蔵庫で約7か月間貯蔵した。これを'98年6月29日に取り出してNo.1木の場合と同様に冬芽を外植体として調整し、培地に植え付け、6週間培養した。

さらに、'98年7月2日、No.2木から約10cm長の新梢を採取した。これを70%エタノールに5分間浸漬して表面殺菌し、滅菌ろ紙上で風乾した。そして、形成層に達するまで樹皮を剥いでいわゆる剥皮枝条とし、約1cmに分割したものを試験管内の培地に垂直に植え付けた。培養は8週間行った。

初代培養に使用した基本培地は硝酸塩濃度を半減したMS培地(12)(表-1のMS1)とWPM培地(11)(表-1のWPM1)で、これに冬芽の培養ではベンジルアミノプリン(BAP)1.0mg/ℓ、ナフトレン酢酸(NAA)0.02mg/ℓおよびジベレリン酸(GA₃)0.5mg/ℓを添加した。水さし枝から得た頂芽と腋芽の培養ではBAP1.0mg/ℓとNAA無添加または0.02mg/ℓを添加した。また、剥皮枝条の培養にはBAPを0.5mg/ℓまたはBAP2.0mg/ℓ添加した。

2) 継代培養

No.1木の冬芽とNo.2木の水さし枝由来の芽の初代培養で芽が展開した外植体は、基部に生じたカルスと褐変した葉を切除して移植し、さらに8週間継代培養した。そして、0.5cm以上伸長したシュートを収穫シュートとした。継代培養の培地はGA₃を無添加としたほかは初代培養と同組成のものを使用した。

つぎに、No.2木の1回目の継代培養で伸長したシュートを切り取って収穫した後、培養物の基部に生じたカルスと褐変した葉を切除して移植し、さらに2回目の継代培養を8週間行った。培地は継代培養1回目と同じ組成のものをを用いた。

3) 発根培養

発根培養試験に供試するシュートを得るため、No.1木とNo.2木の継代培養で得た収穫シュートをBAP1.0mg/lを添加したWPM1培地で継代培養し、マルチプルシュートを誘導した。そして、収穫シュートの採取と株の移植操作を約6週間隔で2~3回繰り返す、得たシュートを発根培養に供した。収穫シュートは先端から約1.5cm長に切りそろえて発根培地に植え付けた。基本培地はMS培地の硝酸塩濃度を1/4に、その他の無機塩類濃度を1/2に減じて有機物組成を改変したもの(表-1のMS2)と無機塩類濃度を1/2に減じ、有機物組成を

改変したもの(表-1のWPM2)を使用し、これにインドール酪酸(IBA)を無添加または1.0mg/l添加した。培養は6週間行った。

初代培養、継代培養および発根培養は25℃のクリーンルーム内で、約5,000luxの白色蛍光灯を1日16時間照射して行った。

4) 順化

No.1木由来の培養で再生した植物体の生育している培養瓶を開け、瓶の口をラップで覆い、23℃、1日16時間、約5,000lux白色蛍光灯照明の人工気象器内に置いた。2週間後、根の充実した再生植物体18本を培養瓶から取り出して根に付着した寒天を洗い落とし、パーミキュライトを培養土として詰めた直径7cmのビニールポットに1本ずつ移植した。この時、防かびのため培養土表面にベンゾミル剤(ベンレート水和剤)1,000倍液を散布した。ポットは二重底の水きりかごに並べ、乾燥防止のため底に水を張って透明のふたをし、さらに4週間人工気象器内に置いた。ついで、'98年9月21日人工気象器から取り出し、ビニールポットのままガラス温室へ移動した。そして、8:30から16:00の間に30分間隔で60秒間ずつミスト灌水し、また2週間に1回液肥を施用した。11月20日に成長状態を調査した。

表-2 初代培養での芽展開

個体No.	外植体	基本培地	BAP (mg/l)	NAA (mg/l)	GA ₃ (mg/l)	外植体数	雑菌汚染 外植体数 (汚染率%)	生存 外植体数 (生存率%) ³⁾	芽展開 外植体数 (展開率%) ³⁾	シュート伸長 外植体数 (伸長率%) ³⁾	シュート長 (cm)
1	冬芽	MS1	1.0	0.02	0.5	12	6(50)	6(100)	6(100)	0(0)	—
1	冬芽	WPM1	1.0	0.02	0.5	12	4(33)	8(100)	8(100)	0(0)	—
2	頂芽・腋芽 ¹⁾	MS1	1.0	0	0	12	0(0)	12(100)	12(100)	5(42)	1.5~3.0(2.2) ⁴⁾
2	頂芽・腋芽 ¹⁾	MS1	1.0	0.02	0	14	0(0)	14(100)	14(100)	8(57)	3.0~5.0(4.4)
2	頂芽・腋芽 ¹⁾	WPM1	1.0	0	0	12	0(0)	12(100)	12(100)	6(50)	0.5~2.0(1.1)
2	頂芽・腋芽 ¹⁾	WPM1	1.0	0.02	0	14	0(0)	14(100)	14(100)	6(43)	1.0~4.0(2.2)
2	冬芽 ²⁾	MS1	1.0	0.02	0.5	10	5(50)	5(100)	5(100)	0(0)	—
2	冬芽 ²⁾	WPM1	1.0	0.02	0.5	10	7(70)	3(100)	3(100)	0(0)	—
2	剥皮枝条	MS1	0.5	0	0	20	0(0)	18(90)	0(0)	0(0)	—
2	剥皮枝条	MS1	2.0	0	0	20	0(0)	16(80)	0(0)	0(0)	—

1) 水さし枝から発生した不定枝から採取。

2) 約7か月間冷蔵庫で貯蔵後供試。

3) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合。

4) ()内は平均シュート長。

表-3 継代培養でのマルチプルシュート誘導 (継代培養1回目)

個体No.	基本培地	BAP (mg/ℓ)	NAA (mg/ℓ)	供試株数	生存株数 (生存率%)	シュート伸長株数 (伸長率%)	収穫シュート本数	収穫シュート長 (cm)
1	MS 1	1.0	0.02	4	4(100)	4(100)	1(1.0) ¹⁾	0.5~1.5(1.0) ²⁾
1	WPM 1	1.0	0.02	8	8(100)	8(100)	5~12(7.5)	1.5~4.5(2.6)
2	MS 1	1.0	0	7	7(100)	1(14)	0~ 2(0.3)	1.0~1.5(1.3)
2	MS 1	1.0	0.02	8	8(100)	3(38)	0~ 1(0.4)	1.5~2.0(1.1)
2	WPM 1	1.0	0	8	8(100)	6(75)	0~ 2(1.0)	1.0~2.0(1.1)
2	WPM 1	1.0	0.02	8	8(100)	6(75)	0~ 3(1.1)	1.0~3.0(1.7)

1) () 内は株当たり平均シュート本数。

2) () 内は平均シュート長。

表-4 継代培養でのマルチプルシュート誘導 (継代培養2回目)

個体No.	基本培地	BAP (mg/ℓ)	NAA (mg/ℓ)	供試株数	生存株数 (生存率%)	シュート伸長株数 (伸長率%)	収穫シュート本数	収穫シュート長 (cm)
2	MS 1	1.0	0	4	3(75)	3(75)	0~ 2(1.0) ¹⁾	0.5~1.5(1.0) ²⁾
2	MS 1	1.0	0.02	4	3(75)	3(75)	0~ 5(1.3)	0.5~2.5(1.4)
2	WPM 1	1.0	0	8	8(100)	8(100)	3~ 8(4.7)	0.5~5.0(1.9)
2	WPM 1	1.0	0.02	8	8(100)	6(75)	0~ 2(1.5)	0.5~2.0(0.8)

1) () 内は株当たり平均シュート本数。

2) () 内は平均シュート長。

Ⅲ 試 験 結 果

1) 初代培養

表-2に示すように、No.1木の冬芽の培養では外植体の42%が雑菌に汚染されたが、これらはすべて糸状菌によるもので、汚染された外植体は培養中にすべて枯死した。一方、No.2木の水さし枝由来の芽の培養では雑菌汚染はまったく認められず、全部の外植体が生存した。また、No.2木の冬芽を7か月間貯蔵後供試したものは60%の外植体が糸状菌に汚染されたが、汚染を免れたものはすべて生存した。生存した外植体は植え付け約1週間後から芽がふくらみ、約2週間後には展開し始めた。4週間後、生存した全部の外植体の芽が展開し、葉を広げた。さらに、No.2木の水さし枝由来の芽の約半数はシュートが伸長し、最長5cmに達するものもあった。しかも、NAAを添加した培地では無添加培地よりもシュート長が長い傾向があった。一方、No.1、No.2木とも冬芽を外植体としたものは葉を展開したのみで、シュートはまったく伸長しなかった。

No.1、No.2木とも、また冬芽、水さし枝由来の芽ともMS1培地で培養したものは展開した葉の幅が広く、W

PM1培地で培養したものは葉が細長い傾向が見られたが、成長には明らかな差は認めなかった。なお、剥皮枝条はまったく雑菌に汚染されなかったものの、15%の外植体は枯死し、生存したのも8週間の培養期間中にカルスの形成や不定芽の発生は認めなかった。

2) 継代培養

表-3に示すように、移植して継代培養した株はすべて生存し、シュートが伸長しながら、さらに新しいシュートを分岐し、マルチプルシュートを形成する株もあった。しかし、No.1木は全部の株からシュートが伸長し、最大12本のシュートの得られた株もあったのに対し、No.2木はシュートの発生本数が少なく、しかもシュートがまったく伸長しない株もあり、シュート発生数に個体間の差が見られた。

No.2木はWPM1培地で75%の株からシュートが伸長したが、MS1培地でシュートが伸長した株は40%以下に過ぎなかった。しかも、No.1、No.2木ともWPM1培地がMS1培地よりも収穫シュート本数が多く、またシュート長も長く、MS1培地では褐変するシュートも見られた。なお、NAA添加の効果は認めなかった。

表-5 収穫シュートからの発根

個体No.	基本培地	I B A (mg/ℓ)	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)	1次根本数	平均1次根長 (cm)	2次根量	発根シュート長 (cm)
1	MS 2	0	32	28(88)	3~ 6(4.3) ¹⁾	2.5	- ²⁾	1.5~3.0(2.7) ³⁾
1	MS 2	1.0	32	24(75)	1~ 6(3.0)	4.3	±	1.5~4.0(2.7)
1	WPM 2	0	34	28(82)	3~ 9(6.1)	4.8	+	1.5~6.0(3.6)
1	WPM 2	1.0	34	12(35)	4~15(11.0)	8.1	+	2.5~5.0(3.8)
2	MS 2	0	12	0(0)	—	—	—	—
2	MS 2	1.0	16	0(0)	—	—	—	—
2	WPM 2	0	20	0(0)	—	—	—	—
2	WPM 2	1.0	20	0(0)	—	—	—	—

1) () 内は発根シュート当たり平均本数。

2) - : 2次根なし, ± : 2次根量少, + : 2次根量多

3) () 内は平均シュート長。

つぎに、2回目の継代培養の結果を表-4に示すように、WPM 1 培地はすべての株が生存し、大半の株が再度マルチプルシュートを形成した。一方、MS 1 培地はシュートの成長が不良で、褐変するシュートも見られ、さらに培養中に枯死する株も生じた。また、N A A 添加の効果も比較したが、WPM 1 培地では無添加の方が収穫シュート本数が多く、シュート長も長かった。

3) 発根培養

発根培養の結果を表-5に示した。植え付けたシュートは両個体ともすべて生存し、No.1 木は植え付け1週間後頃からシュート基部に発根を認めた。そして、数本の1次根が伸長しながら同時に2次根を多数生じた。発根したシュートは大型の葉を展開しながら伸長し、6週間後には6cm長に達するものもあった。シュートの発根率はMS 2 培地がWPM 2 培地よりもやや高かったが、1次根本数、根長、2次根量およびシュート長はWPM 2 培地がMS 2 培地より良好であった。MS 2 培地、WPM 2 培地ともI B A 無添加培地の発根率は80%以上で、添加した培地より高かったが、WPM 2 培地ではI B A の添加によって1次根の本数が著しく増加し、また根の伸長成長も促進された。

4) 順化

培養瓶の口を開けてラップで覆うと、寒天培地は徐々に乾燥して縮み、2週間後には培地表面がすべてかびに覆われたが、再生植物体はすべて生存し、しかも組織が硬くなった。ビニールポットに移植後、植物体は大型の葉を展開しながら伸長成長し、表-6に示すように、4週間後の9月21日には苗長10cm以上に達したのものもあ

表-6 順化苗の成長

調査日	本数 (生存率%)	苗長 (cm)
'98年9月21日	18	2.5~10.5(6.5) ¹⁾
'98年11月20日	18(100)	3.0~14.0(8.1)

1) () 内は平均シュート長

た。なお、培養土表面がかびに覆われるポットもあったが、苗の成長には影響が認められず、枯死する苗も見られなかった。ガラス温室に移動後の苗の成長はわずかで、2か月後の苗長は最大でも14cm長であったが、全部の苗が生存し、しかも葉色は薄緑色から濃緑色となり、茎と葉の組織はさらに硬くなった。

IV 考 察

近年、林木の組織培養研究が組織的かつ系統的に行われ、数多くの樹種で成功例が報告されている(6, 14)。しかし、わが国に自生するリョウブ科 (Clethraceae) に属する樹種は1属1種リョウブのみであるが、本樹種の増殖技術は確立されておらず、また組織培養による増殖例も見当たらない。本試験では、成木の冬芽と切り枝を水さして発生した不定枝の頂芽と腋芽を外植体として培養し、マルチプルシュートを誘導した。そして、得られたシュートから植物体を再生し、これを順化させることによって組織培養系を確立することができた。

しかし、2個体から外植体を採取したものの、No.1 木は冬芽のみを供試し、No.2 木は水さし枝由来の芽に加えて冬芽の培養をもしたが、7か月間貯蔵した冬芽を供試

したので、本試験においては外植体の条件が一定でなかった。したがって、外植体の条件をそろえてさらに詳細な比較試験をしたい。

組織培養における外植体の条件として、容易かつ長期間にわたって採取可能なこと、雑菌除去が容易なこと、また初代培養での成長が良好なことなどがあげられる。そこで、林木の組織培養の外植体として一般的な冬芽、伊東・松尾(7)が報告したインキュベーター内で枝を水さして、これから発生した不定枝の芽を外植体とする方法、および井出(5)がシラカンバの培養で外植体とした剥皮枝条を用いる方法について比較した。その結果、水さし枝由来の芽は雑菌汚染が認められず、また初代培養での成長も良好であった。一方、冬芽はかなりの外植体が雑菌に汚染されて歩留まりは低かったものの、汚染を免れたものはすべて生存し、芽が展開した。したがって、これらはリョウブの組織培養における外植体として適するものと考え、切り枝の採取時期と水さし後の管理方法、冬芽の採取時期と貯蔵方法等についての詳細な検討が必要である。また、水さし枝由来の外植体として頂芽と腋芽を供試したが、両者を区別して培養しなかったので培養効率の差異についての比較はできなかった。この点についても今後の検討課題である。なお、剥皮枝条の無菌化は容易であったものの、培養期間に不定芽の発生が見られず、しかも枯死するものもあったことから外植体としては不適当と考える。

一般に、同一樹種でも品種や個体によって培養効率に差のあることが知られており、これが組織培養の実用化のための障害のひとつとなっている。本試験では2個体を母材料としたが、継代培養でのシュート発生本数の個体差が大きく、さらに発根培養でNo.1木の発根率が高かったのに対し、No.2木はまったく発根せず、再生植物体が得られなかった。このように、リョウブの組織培養でも培養効率に著しい個体差のあることが認められたことから、今後さらに供試個体数を増やして個体間の詳細な比較をするとともに、個体差の解消法の開発が必要である。また、わずか2個体だけの供試であったにもかかわらず、シュートからの発根に個体差が著しかった。リョウブの水さし木では、発根が容易とするもの(10, 13)と困難とするもの(8)とに意見が分かれており、この原因が個体の発根能力の違いによるものかどうかの確認も必要である。

MS培地は植物の組織培養にもっとも広く使用される基本培地であるが、窒素濃度が高いことから林木の組織培養では培地組成を改変して用いられることが多い。また、広葉樹の組織培養のために開発されたWPM培地やBTM培地(1)も林木の組織培養にはよく使用される。本試験では、硝酸塩濃度を2分の1に希釈したMS改変培地とWPM培地を比較した結果、初代培養では両培地に差は認められなかったものの、MS改変培地は継代培養でのシュートの成長が不良で、しかも褐変するものも見られたが、WPM培地はシュートの成長が良好で、収穫シュート数も多かった。したがって、リョウブの培養にはWPM培地が適すると考えるが、さきに筆者(2, 3, 4)はミズメとナナカマドの培養にはMS改変培地がWPM培地より適することを、またブナの培養にはWPM培地がMS改変培地より適することを報告した。このように、樹種によって培養に適する培地がそれぞれ異なることも注目された。

植物成長調節物質の中で一般に低濃度のNAAはシュートの伸長促進、またIBAは発根促進に効果のあることが知られている。本試験では、初代培養と継代培養でNAAを、また発根培養でIBAを培地に添加した。水さし枝由来の芽の初代培養ではNAA添加によってシュートの伸長促進効果が見られたものの、1回目の継代培養では効果が認められず、さらに2回目の継代培養では無添加の方がシュートの成長が良好であった。また、発根培養ではIBAの添加によって1次根本数が増加し、根の成長も促進されたが、発根率は無添加培地の方が高かった。発根培地でのこのような傾向は筆者(4)がさきに試みたナナカマドの培養でも見られた。NAA, IBAとも比較した濃度は1種類のみであったので、最適濃度についてさらに詳細な試験をするとともに、他の植物成長調節物質の効果についても試験したい。

水切りかごと人工気象器を使用して湿度、温度および照度を維持することによって容易に再生植物体を順化させることができ、またガラス温室に移動後の成長も良好であった。しかし、本試験の方法では一度に大量の再生植物体を順化させることは困難であり、より簡便な順化方法の開発が必要である。また、順化苗の野外での生育についても今後調査したい。

引用文献

- (1) Chalupa, V.: Clonal propagation of broad leaved forest trees *in vitro*. *Common. Inst. Forest.* 12:255~271, 1981
- (2) 福島 勉: ミズメの組織培養—冬芽と腋芽の培養による植物体再生—. *島根林技研報* 43: 1~10, 1992
- (3) ———: ブナの組織培養—成木冬芽の培養による植物体再生—. *島根林技研報* 44: 1~6, 1993
- (4) ———: 組織培養によるナナカマドの増殖. *林木の育種「特別号」*: 25~28, 1999
- (5) 井出雄二: シラカンバの組織培養によるクローン大量増殖法に関する研究. *静岡林試研報* 16: 1~56, 1987
- (6) 石井克明: 第2期地域バイオテクノロジー研究「優良木からの種苗増殖技術の開発」の成果. *林木の育種* 181: 13~17, 1996
- (7) 伊東祐道・松尾文昭: クヌギの組織培養による増殖—成木丸太由来の萌芽枝を用いた培養の試み—. *日林関西支講* 39: 229~232, 1988
- (8) 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会(編): 樹木のふやし方. 340pp, 農林出版, 東京, 1980
- (9) 勝田 桓・森 徳典・横山敏孝: 日本の樹木種子(広葉樹編). 410pp. 林木育種協会, 東京, 1998
- (10) 公立林業試験研究機関共同研究グループ: 有用広葉樹の増殖技術—試験事例集—. 226pp, 1983
- (11) Lloyd, G. and McCoun, B.: Commercially feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use shoot tip culture. *Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc.* 30:421~427, 1981
- (12) Murasige, T. and Skoog, F.: A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.* 15:473~497, 1962
- (13) 小林義雄・大河原利江: 緑化用広葉樹のさし木試験. *林業試験場浅川実験林年報* 1: 38~54, 1980
- (14) 斎藤 明・石井克明: 第1期地域バイオテクノロジー研究「組織培養による優良個体の増殖技術の開発」の成果. *林木の育種* 163: 16~21, 1992
- (15) 坂口勝美(編): 有用広葉樹の知識. 514pp, 林業科学技術振興所, 東京, 1985

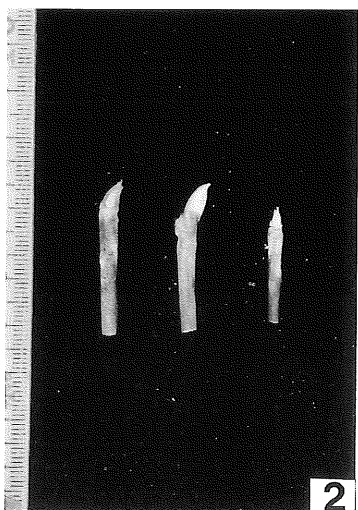
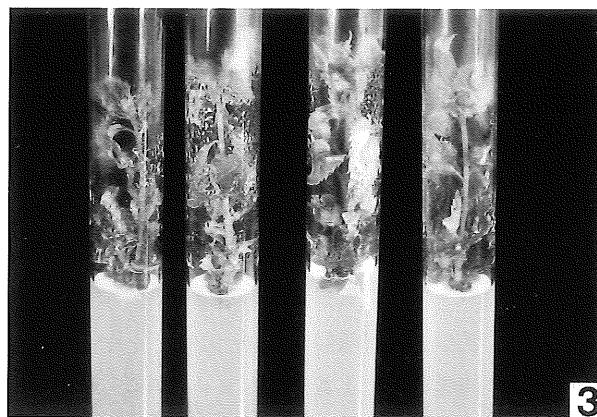
Plantlet Regeneration in *Clethra barbinervis* *in vitro*

Tsutomu FUKUSHIMA

Summary

Mass clonal propagation of *Clethra barbinervis* Sieb. et Zucc. was examined *in vitro*. From two mature trees of *C. barbinervis*, winter buds, terminal and axillary buds on adventitious shoots developing from branches dipped in water, and twigs without barks were cultured as explants. These buds sprouted in the primary culture and developed into multiple shoots in the subculture. No peeled adventitious buds sprouted from twigs without barks. Multiple shoots were reproduced on fresh medium from the stumps that the shoots have harvested. In the subculture, WPM medium was more effective for shoot elongation than modified MS medium. These shoots rooted on rooting medium and plantlets were obtained. The plantlets regenerated *in vitro* were successfully acclimated. The number of harvested shoots in the subculture and rooting rate in the rooting culture were different between two mother trees and no rooted plantlets were obtained from one tree.

写真-1~7



- 1：水さし枝からの不定枝発生
- 2：冬芽（左から芽鱗付き芽，裸芽，外側の葉を除去した芽）
- 3：初代培養でのシュート伸長
- 4：継代培養でのマルチプルシュート形成
- 5：シュートからの発根
- 6：再生植物体
- 7：馴化苗

論文 *Cistella japonica* のヒノキへの接種による 漏脂病の発病推移

扇 大輔¹・周 藤 靖 雄²・河 井 美 紀 子

Symptom Development of the Resinous Stem Canker:
through Inoculation with *Cistella japonica* onto *Chamaecyparis obtusa*

Daisuke OUGI, Yasuo SUTO, and Mikiko KAWAI

要 旨

Cistella japonica をヒノキ若齢木の樹幹に接種して、3年間漏脂病患部の外部・内部病徴の推移を観察した。2菌株ではすべての接種部位で発病を認めたが、他の6菌株による接種では発病率が40%以下に留まった。3月中旬に菌を接種したが、多くの患部では5~6月から樹脂を樹皮表面に浸出し始めた。多くの患部では樹脂が3年間継続して流出したが、少数の患部では接種1年以後流出が停止した。二次師部に生じる樹脂浸出部は接種1年後までに急速に拡大する傾向があった。形成層が壊死する患部は病原性の強い2菌株では全患部の70%で生じた。患部からの接種菌の再分離率は接種1年後までは低率であり分離されない場合もあったが、2、3年後には高率に再分離される患部があった。発病に適した環境条件下では、内樹皮組織への本菌の定着と樹脂浸出の拡大が急速に生じることが分かった。本病の病徴と患部での菌類相は推移するので、診断の際には患部の発病のステージも判定する必要がある。

I はじめに

周藤(4)、Suto(5)および Suto and Ougi(6)はヒノキ漏脂病の患部からしばしば高率で分離される *Cistella japonica* Suto et Kobayashi の接種試験を繰り返して行った。その結果、樹幹から多量の樹脂が長期間流出し、また樹幹が偏平化する自然発病の場合と同様な症状を再現することができた。また、患部からは接種菌を再分離することができた。したがって、本菌が本病の病原菌であるととした。

本病の自然発病木を観察すると、1林分においても患部によって異なる病徴が観察される。すなわち、新鮮な樹脂が流出中のもの・停止したもの、樹幹が偏平化したもの・しないものなどである。これらは本病の病徴の推移の過程を示すと考えるが、これを具体的に知ることは本病を診断する上からも重要である。そこで、筆者ら(2)

は被害林での発病と患部での病徴の推移を調査した。また、Suto and Ougi(6)は病原菌 *C. japonica* をヒノキ若齢木に接種した後5年にわたり発病と病徴の推移、また患部での菌類相の遷移を追跡した。

本研究はこれら既報の調査や試験と同様な目的で行ったが、*C. japonica* をヒノキ若齢木に接種した後3年にわたり発病と病徴の推移を調査し、また患部組織からの菌類分離試験を行った。前接種試験(6)とは異なる点は、接種1年後までの発病経過を詳しく検討し、また多数の菌株を用いて病原性と病徴推移との関係を検討したことである。

本研究は情報システム化事業「ヒノキ漏脂病の発生に関与する要因の解明と被害回避法の開発に関する調査」の1研究課題として実施したものである。本研究への参加を許された林野庁研究普及課研究企画官 嵐 晨氏、ご

¹ 現川本農林振興センター、² 元林業技術センター(退職)

表-1 接種試験に供試した *Cistella japonica* の菌株

菌株番号	宿主	採集場所	分離年月日
Ci-84	ヒノキ	島根県平田市猪目町	1993年12月8日
Ci-85	"	"	"
Ci-86	"	" 簸川郡佐田町	"
Ci-87	"	"	"
Ci-92	"	" 浜田市西村町	" 9月24日
Ci-93	"	"	"
Ci-94	"	" 那賀郡金城町	"
Ci-95	"	"	"

いずれの菌株も子のう胞子から分離。

指導いただいた森林総合研究所金子 繁博士と楠木 学博士に厚くお礼を申しあげる。

II 試験方法

接種試験は島根県八束郡宍道町の島根県林業技術センター構内の試験林で行った。供試した接種木は23年生のヒノキである。接種に供した菌株は島根県各地で採集した8菌株で、いずれも子のう胞子から分離したものである(表-1)。

接種前、各菌株は米ぬか・ふすま培地で20℃、約2か月間培養した。樹幹に目ぬきで径6mm、樹皮表面から深さ10mmの穴をあけた。この穴に各菌株の培養菌そうを培地ごとかく詰めた。対照(無接種)では菌を培養していない培地を詰めた。これら菌そうや培地を詰めた穴は小木片でふたをして、湿った脱脂綿で覆った。各接種・無接種部位は各供試木について、樹幹の地上0.4mから3.0mまでの高さに10cm間隔でらせん状に3回反復して設定した。

接種は1995年3月9日に行った。接種後、接種当年は5~11月に1か月間隔で、また接種2, 3年後は6~8

月と9~11月に各1回で計2回、発病の有無、樹脂の流出状態および患部での樹幹の変形状態を調査した。樹脂が接種部位付近から浸出して長さ20cm以上流出した場合を発病とし、流出量が50cm未満、以上の場合をそれぞれ「少量」, 「多量」と区別した。

接種3, 6か月後と1, 2および3年後に接種発病木を2本ずつ伐倒した。これらは10cm間隔で鋸断し、また剥皮・割材してつぎの患部の形態を観察した。①内樹皮での樹脂のうの形成も含む著しい樹脂浸出部位の大きさ。②木部での年輪形成の観察による患部での形成層壊死の有無と肥大成長量減少の有無。③木部での材変色の有無。

患部での形成層の壊死の有無が明確になる接種1年後以降の患部は Suto and Ougi(6)が提案したつぎの3型に分けて記録した。I型: 樹皮表面に樹脂が浸出しないかきわめて少量(流出量20cm未満)。II型: 樹皮表面に樹脂が浸出して木部の成長が減少する場合もあり。III型: 樹皮表面に樹脂が浸出して木部の成長が停止する。

患部の解剖調査時、各発病木の3~5患部から試料を採取した。各患部の樹脂浸出内樹皮と変色木部から3×3×5mmの小切片を50~200片殺菌したナイフとはさみ

表-2 *Cistella japonica* 接種試験の結果

菌株番号	発病本数	患部数(発病率)
Ci-84	4	7 (23%)
Ci-85	6	6 (20)
Ci-86	10	30 (100)
Ci-87	10	30 (100)
Ci-92	6	12 (40)
Ci-93	1	2 (6)
Ci-94	1	3 (10)
Ci-95	2	2 (6)
対照	4	5 (17)

各菌株当たりの供試木数: 10本。

各菌株当たりの接種部位数: 30。

で切り出した。これらの切片は流水で1.5時間流水洗浄し、さらに無菌水で3回洗浄した後、ペトリ皿に入れたストレプトマイシンを添加したジャガイモ・ブドウ糖寒天培地上に置いた。これらのペトリ皿は5℃の冷蔵庫中に約1か月置いた後、室内の散光下で培養した。

III 試験結果

1. *C. japonica* 接種による外部病徴の進展

接種した各供試木の伐倒時までの発病状態を菌株別にみると、Ci-86と87については全接種木の全接種部位で発病した。ついで、Ci-84、85および92の3菌株では4

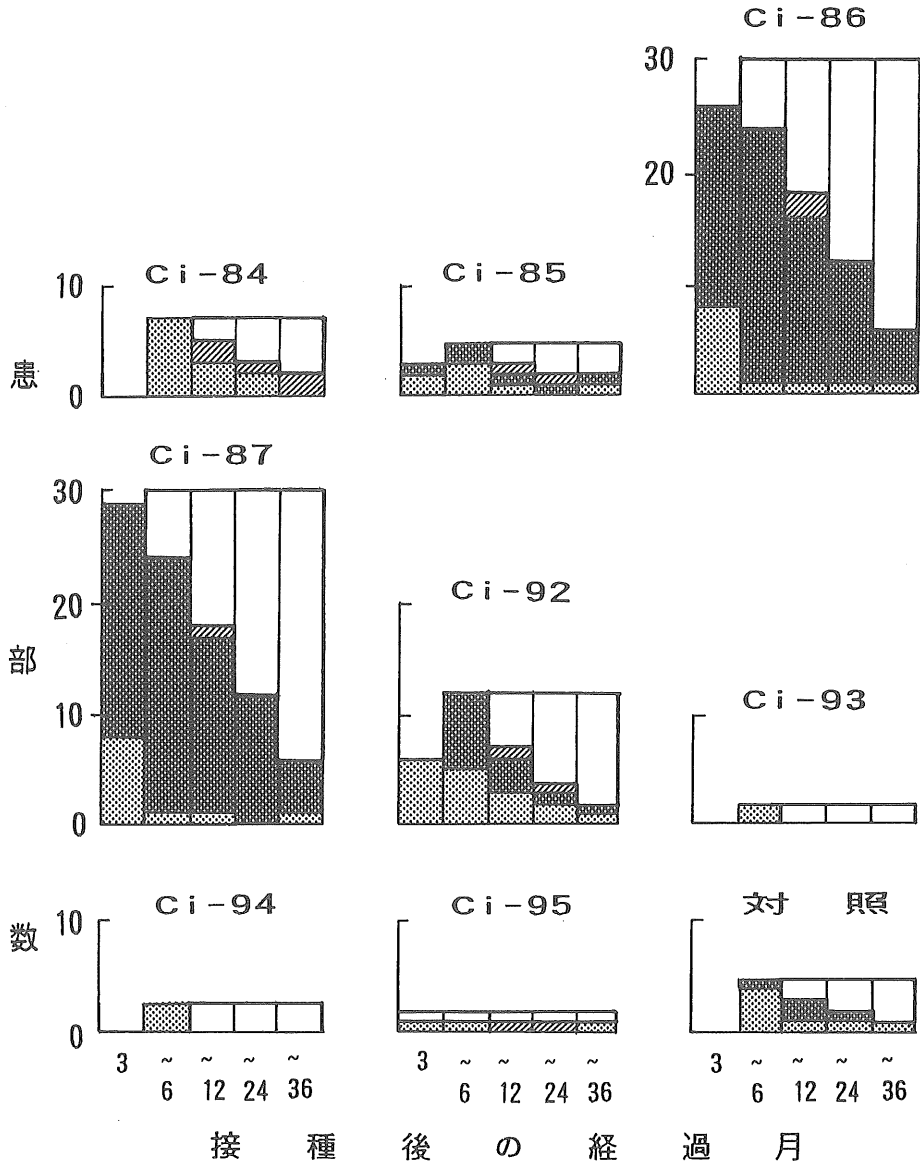


図-1 *Cistella japonica* 接種による病徴の進展

■ 樹脂浸出少量； ■ 樹脂浸出多量； ▨ 樹脂浸出停止； □ 解剖調査に供試した樹脂浸出患部。

～6本で20～40%の接種部位で発病した。Ci-93, 94および95の3菌株では、1～2本で6～10%の接種部位が発病したに過ぎなかった。また、対照（無接種）でも、4本で17%の付傷部位が発病した（表-2）。

新鮮な樹脂の浸出については、Ci-85, 86, 87, 92および95の菌株ではほとんどの患部で接種2～3か月後の5月中旬～6月中旬に浸出を開始した（写真-1, 3a）。一方、Ci-84, 93および94の菌株と対照では、接種6か月後の9月中旬の調査時点で樹脂浸出を認めた。

接種菌株別にみると、Ci-86と87による患部では樹脂流出量が多量である患部が多く、接種3年後（最終調査時）まで流出が継続した。少数の患部では接種1年後に樹脂流出が停止した患部もあったが、2, 3年後には再び流出した患部もあった。Ci-93, 94および95による患部では樹脂流出量が少量である患部が多く、接種1年以降に樹脂流出が停止した患部が少数あった。無接種で生じた患部については、流出量は概して少量であったが流出は3年後まで継続した（図-1, 写真-3）。

接種当年の秋期には、Ci-86と87の多くの、また92の一部の患部で、外観して患部付近の樹幹の扁平化が明確になった。

2. *C. japonica* の接種による内部病徴の進展

患部の内樹皮（二次師部）には樹脂浸出部が接種点を中心に軸方向に大きく展開して紡錘～長楕円形を呈した。表-3, 4に示すように、Ci-86と87による患部では、樹脂浸出部は接種3か月を含まないずれの調査時でも他の菌株による患部より大きかった。また、接種1年後までに急速に拡大した。患部が互いに融合して計測不能の場合も多かったが、2, 3年後には大形のもので約30～50×10～16cmに達した（写真-4）。他の菌株の患部でも樹脂浸出部は接種1年後までに拡大する傾向があったが、多くの患部では10×2cm以下に留まった。

接種1～3年後の患部の型をみると、形成層が壊死しないⅡ型の患部が多数生じた。この型の患部では木部の肥大成長が減少する場合をしばしば認めた（写真-5a）。Ⅲ型の患部はCi-86, 87および92の患部で生じた。Ci-86と87では形成層が壊死したⅢ型の患部がそれぞれの患部の70%を、また92では43%を占めた。この型の患部では木部の肥大成長は停止し、また辺材が淡青色に変色した（写真-1, 5b）。また、2年後のCi-86と87の患部と比較すると、Ⅲ型の患部がⅡ型の患部に比べて大形であった。Ⅰ型の患部はCi-85, 94および95接種で少数生じたが、同一菌株接種の患部と比較するとⅡ型の患

表-3 *C. japonica* 接種によって生じた患部での樹脂浸出面積の大きさ（1）
-接種3, 6か月後

調査年月	供試木 番号	菌 株	樹脂浸出面積の大きさ (mm)
1995年 6月 (接種3か月後)	4	Ci-85	35×11 (1) ^a
		Ci-86	40-75×10- 18(3)
		Ci-87	45-240×13- 20(3)
		Ci-92	25×10 (1)
		Ci-95	25×11 (1)
	8	Ci-86	115-120×20- 45(3)
		Ci-87	120-130×15- 35(3)
1995年 9月 (接種6か月後)	3	Ci-84	20-45×13- 17(2)
		Ci-85	25×16 (1)
		Ci-86	65-145×23- 45(3)
		Ci-87	60-115×23- 45(3)
		Ci-92	45×13- 15(2)
	10	Ci-85	40×15 (1)
		Ci-86	200-290×80-200(3)
		Ci-87	240-290×80-110(3)
		Ci-92	60-90×25 (3)
		Ci-93	20-65×20- 25(2)
		Ci-94	60-95×15- 24(3)
		Ci-95	65×20 (1)
		対 照	95-110×20- 21(2)

^a 調査樹脂浸出部位数

表-4 *C. japonica* 接種によって生じた患部での樹脂浸出面積の大きさ(2)
-接種1, 2および3年後

調査年月	供試木 番号	菌株 番号	患部型別の樹脂浸出面積の大きさ(mm)				
			I	II	III		
1996年3月 (接種1年後)	1	Ci-84	-	47-80×14-17(2) ^a	-		
		Ci-85	80×15(1)	-	-		
		Ci-86	-	-	* ^b ×*(3)		
		Ci-87	-	-	*×*(3)		
		Ci-92	-	44-77×17-18(2)	*×*(1)		
		Ci-94	115×35(1)	-	-		
		Ci-95	-	72×18 (1)	-		
		対照	-	22×13 (1)	-		
		1997年3月 (接種2年後)	7	Ci-86	-	140-300×20-40(3)	-
				Ci-87	-	260-330×50-90(3)	-
9	Ci-84			-	70×17 (1)	-	
	Ci-86			-	-	400-420×30-160(3)	
1998年5月 (接種3年後)	2	Ci-85	-	*×*(1)	-		
		Ci-86	-	120-130×33-95(3)	-		
		Ci-87	-	335-470×52-88(3)	-		
		Ci-95	150×17(1)	60×13 (1)	-		
		対照	-	125×37 (1)	-		
		Ci-84	-	75-80×2 (2)	-		
		Ci-85	-	-	*×*(1)		
		Ci-86	-	-	*×*(3)		
		Ci-87	-	-	*×*(3)		
		Ci-92	-	-	*×*(1)		

^a 調査樹脂浸出部位数, ^b 樹脂浸出部位が癒合して大きさの計測不能。

部と同程度または大きかった。

3. 患部からの *C. japonica* と他の菌類の分離

接種菌 *C. japonica* の再分離率については、接種3, 6か月後と1年後には概して低く、10%までの場合が多く、最高13%であった。また、接種3か月後には、少数の患部では本菌が再分離されなかった。一方、接種2, 3年後には接種菌の再分離率は11%以上の患部が多く、32~47%と高率の患部も少数あった。また、対照の患部からも *C. japonica* が4~11%分離された。

その他の菌類については、*Cryptosporiopsis abietina* Petrak が接種1年後には1試料で52%、3年後には2患部で25, 46%の高率で分離された。また、*Sarea resiniae* (Fries:Fries) Kuntze が接種6か月以後には20~50%の高率で分離された患部もあった(表-4)。

IV 考 察

本試験では、これまでの接種試験(3, 5, 6)と同様に、*C. japonica*をヒノキ樹幹に接種することによって漏脂病の患部を形成させることができ、本菌が本病の病原菌であることを再確認した。供試した8菌株は全部病原性を示したが、その強さは菌株によって大差があった。2菌株はすべての接種部位に発病を起こしてきわめて強い病原性を示したが、他の菌株は弱い病原性を示すに留まった。Suto(5)とSuto and Ougi(6)は本菌の病原性が菌株によって大きく異なることをすでに指摘している。

本試験では、傷をつけただけの無接種の部位でも少数であるが発病が見られた。Suto and Ougi(6)がすでに報告した接種試験でも少数の無接種の部位が発病し、これを自然発病と推察している。岡本(1)による本菌の接種試験でも、少数の無接種の部位が接種部と同様樹脂が

表-5 患部からの菌類の分離試験結果

分離年月	供試木 番号	接種菌	供試切片数 (患部数)	分離率 (%)			
				<i>Cistella japonica</i>	<i>Cryptosporiopsis abietina</i>	<i>Sarea resinae</i>	
1995年6月	4	Ci-86	100(2)	0-8	0-1	0-1	
		Ci-87	100(2)	0-1	0	0-1	
	8	Ci-86	100(2)	2-4	0	0	
		Ci-87	100(2)	1-3	0	1-6	
1995年9月	3	Ci-86	200(2)	7-10	0	0-23	
		Ci-87	200(2)	6-13	0	5-8	
	10	Ci-86	200(2)	3-6	0-4	3-7	
		Ci-87	100(1)	5	4	13	
		Ci-92	100(1)	12	0	3	
対照	100(1)	11	0	0			
1996年3月	1	Ci-85	100(1)	2	2	2	
		Ci-86	200(2)	8-11	2-52	8-10	
		Ci-87	100(1)	9	0	13	
		Ci-92	100(1)	8	4	47	
	6	Ci-86	100(1)	5	0	0	
		Ci-87	200(2)	2-6	5	0	
	1997年3月	7	Ci-86	200(2)	14-24	0-1	0-24
			Ci-87	200(2)	13-32	0	8-37
9		Ci-86	100(1)	47	1	11	
		Ci-87	100(1)	41	0	8	
		対照	100(1)	10	0	47	
1998年5月	2	Ci-86	100(1)	5	46	7	
		Ci-87	280(3)	5-19	1-25	4-26	
		対照	100(1)	4	0	0	
	5	Ci-86	200(2)	0-5	0	14-22	
		Ci-86w ^a	100(1)	18	0	2	
		Ci-87	200(2)	4-20	0	5-48	
		Ci-87w	100(1)	45	0	0	
Ci-92	100(1)	2	0	27			

^a 変色木部, 他はいずれも樹脂浸出内樹皮。

他に *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Monochaetia*, *Papularia*, *Penicillium*, *Pestalotiopsis*, *Trichoderma* などをおもに分離した。

多量に流出したと報告している。

樹脂浸出は多くの患部では接種2~3か月後の5~6月から認められたが, これは接種後の最初の成長期に相当する。Suto and Ougi(6)の接種試験でも, 10~12月または2月に接種した場合, 接種後最初の成長期の6~7月に発病を認めた。また, 本試験では, 患部の樹脂浸出部位は接種後1年までに急速に拡大した。5~7月はヒノキの春期の成長時期に相当し, 気温の上昇期である。接種菌が組織に定着し, またこれらの環境条件が整えば, 樹脂の浸出は急速に進展することが示された。

病原性の強い2菌株では, 激しい樹脂の流出が接種3

年後まで継続した。他の菌株で樹脂流出量は概して少量であり, 接種1年以降に樹脂流出が停止した患部もあった。また, 病原性の強い2菌株とつぎに病原性が強かった1菌株では樹幹が偏平化する患部が高率に生じた。こうした樹脂の流出量, 流出期間および樹幹の変形は病原菌の病原性の強さと関係が深いことが分かった。

患部からの接種菌の再分離率は概して低く, 接種1年後まではきわめて低率であり, 2, 3年後には再分離率は高くなった。これは発病のごく初期に樹脂浸出部に接種菌が蔓延しないことは, 樹脂浸出が病原菌の侵入に対する反応として生じていることを示唆すると考える。

その他の菌類では、*C. abietina* が接種1, 3年後の少数の患部で高率に分離された。Suto(5)や Suto and Ougi(6)の試験では本菌が接種2年後以降高率で分離される患部がしばしばあると報告している。また、*Sarea resiniae* も接種6月以降に高率で分離される患部もあった。これらの菌類は自然発病した漏脂病の患部からもしばしば高率で分離される(4, 7, 8)。Suto(5)や Suto and Ougi(6)がすでに考察したように、これらの菌類は *C. japonica* によって生じた患部に二次的に侵入したと考える。

以上、本研究によって、前報(6)での研究と同様にヒノキ漏脂病の発病と病徴の推移、また患部での菌類相の遷移を知ることができた。とくに本研究では発病初期の様相を明らかにすることができた。本病の被害林では患部はさまざまな病徴を示し、また患部組織からは必ずしも病原菌 *C. japonica* が高率で分離されない。実際本病を診断する際には、患部がどのようなステージにあるかも判定する必要がある。

引用文献

- (1) 岡本安順：クローン別ヒノキに対する *Cistella japonica* の接種試験. 森林応用研究7: 177~180, 1998
- (2) 扇 大輔・周藤靖雄・金森弘樹：ヒノキ漏脂病の被害推移と材質劣化. 島根林技研報49: 39~50, 1998
- (3) 周藤靖雄：ヒノキ漏脂病患部から分離した *Cistella* sp. とその病原性. 102回日林論：317~318, 1991
- (4) 周藤靖雄：ヒノキ漏脂病の患部と健全部からの菌類分離試験. 島根林技研報46: 1~9, 1995
- (5) Suto, Y. : Etiology of the resinous stem canker of *Chamaecyparis obtusa*: *Cistella japonica* as the causal agent. J. For. Res. 2: 59~65, 1997
- (6) Suto, Y. and Ougi, D.: Symptom development of the resinous stem canker caused by inoculation with *Cistella japonica* onto *Chamaecyparis obtusa*. J. For. Res. (印刷中)
- (7) 周藤靖雄・金森弘樹：島根県におけるヒノキ漏脂症の被害実態. 100回日林論：623~624, 1989
- (8) 周藤靖雄・金森弘樹：島根県におけるヒノキ漏脂病の被害解析と病因究明. 島根林技研報45: 17~25, 1990

Symptom Development of the Resinous Stem Canker:
through Inoculation with *Cistella japonica* onto *Chamaecyparis obtusa*

Daisuke OUGI, Yasuo SUTO, and Mikiko KAWAI

Summary

Cistella japonica was inoculated onto the stems of young *Chamaecyparis obtusa* trees, and the development of external and internal symptoms was investigated for three years. The infection frequency of the resinous stem canker was 100% of all the inoculated points of two isolates and 40% and below of the other six isolates. Most lesions started exuding resin from May to June after inoculation with the fungus in mid-March. Resin exudation lasted for three successive years on most lesions, while only one year on a few lesions. The resinous area tended to expand excessively in the secondary phloem during one year after inoculation. The lesions where cambial tissue were necrosed occupied about 70% of all the lesions on two virulent isolates. Although the reisolation frequency of *C. japonica* by one year after inoculation was zero or low, the fungus was reisolated from some inoculated lesion tissues at a high frequency two and three years later. The fungus rapidly colonized in inner bark tissue and resin exudation shortly expanded under favorable conditions for the disease development. It is necessary to identify the present stage of development of the lesion for diagnosis of the disease, because the symptoms and fungal flora develop in the lesion of the disease.

写真-1～3

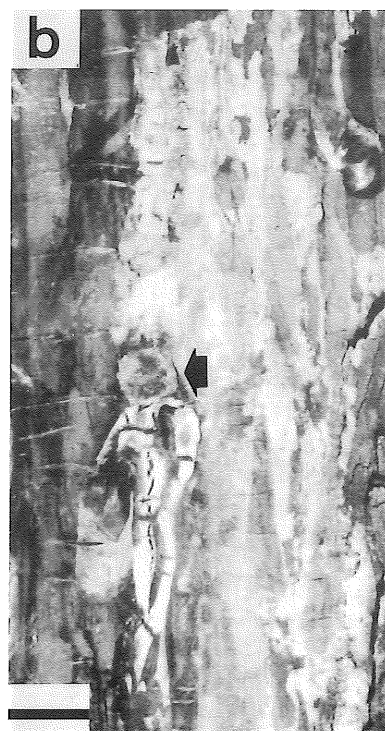
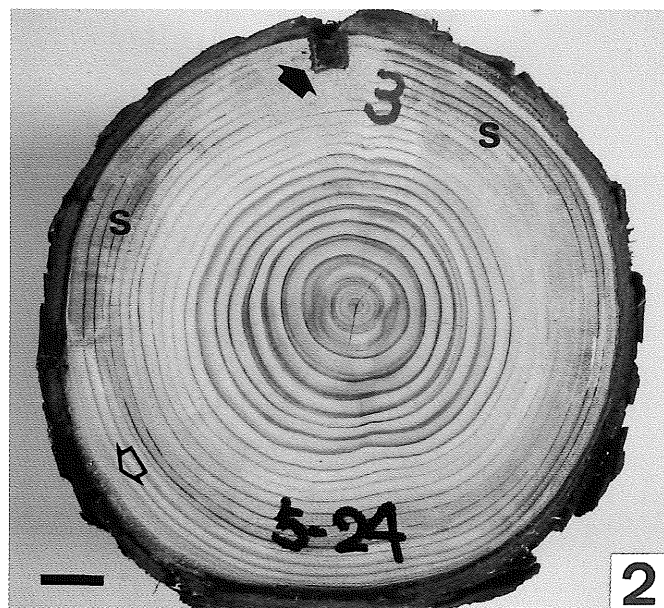


写真-1：発病初期の樹脂浸出(接種3か月後)； a：Ci-86接種，b：Ci-87接種
2：患部の横断面(Ci-86接種，3年後)；⇒接種時の年輪境，s 変色。
3：患部からの樹脂浸出の継続(Ci-87接種)； a：接種3か月後，b：6か月後，
c：3年後。
⇒接種部位； ─ 2：1cm，3：2cm。

写真-4～5

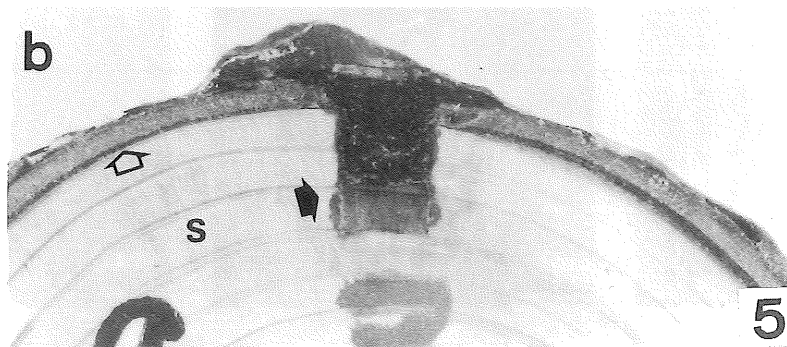
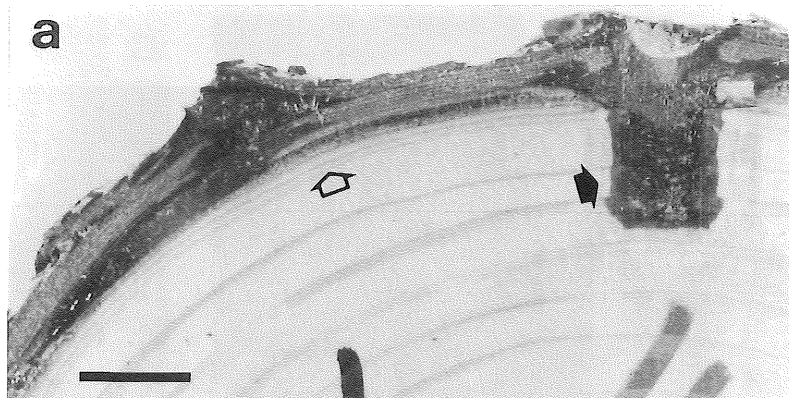
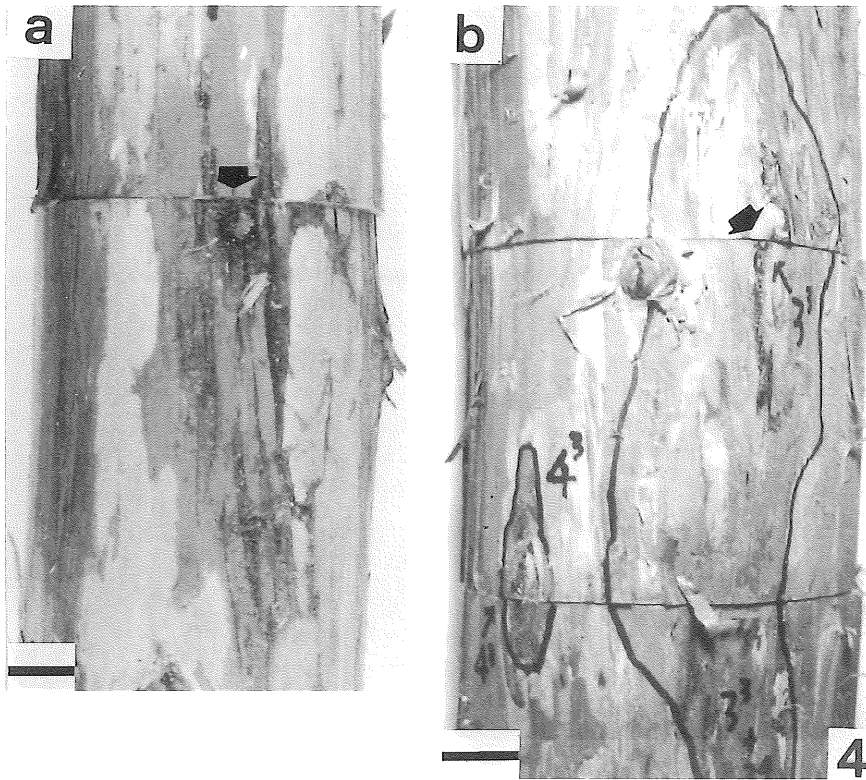


写真-4：内樹皮での著しい樹脂浸出； a：Ci-87接種，3か月後； b：Ci-86接種，3年後。
5：患部の横断面(接種2年後)； a：肥大成長の抑制(Ci-87接種)，b：肥大成長の停止(Ci-86接種)；⇨接種時の年輪境，s 変色。
⇨接種部位；■ 4：2cm，5：1cm。

論文 シイタケ原木栽培における人工庇蔭下のほだ木内温度

富川 康之

Influence of Artificial Shades on Temperature in Bed Logs for Cultivation of the Shiitake Mushroom

Yasuyuki TOMIKAWA

要 旨

すだれ状庇蔭材を使用した人工ほだ場で、ほだ木内の温度を測定した。ほだ木表面の温度は4~10月の晴天日に高く、夏期には最高42°Cに達した。また、ほだ場の最高気温に比べて3°C以上高い日が多かった。ほだ木内部の温度は気温と大きな差はなかった。夏期に寒冷紗を併用した結果、ほだ木表面の温度上昇を1~7°C抑えて、ほだ木の温度を35°C以下に保った。

I はじめに

シイタケの原木栽培をする際に、人工ほだ場での遮光や林内ほだ場での光環境調節に庇蔭材が使用される。庇蔭材は直射日光を遮って、ほだ木が高温になることを防ぎ、シイタケ菌を良好に生育させるのが使用目的である。

庇蔭方法は2通りあって、ネット状の庇蔭材でほだ場上部を覆うものと、すだれ状の庇蔭材を取り付けるものがある。島根県は冬期に積雪があるため、耐雪性の高いすだれ状庇蔭材の使用方法を検討する必要がある。

本試験はすだれ状庇蔭材を使用した人工ほだ場でほだ木内温度を測定して、1日における温度変化、ほだ場気温との温度差を調査した。また、夏期にネット状庇蔭材を併用して、ほだ木表面の温度上昇を抑える方法を検討した。

なお、試験を実施するに当たり、ご助言いただいた鳥取県林業試験場の谷口研究員にお礼を申し上げる。

II 試験方法

試験は1994年、島根県八束郡宍道町の林業技術センター構内で行った。上部に太陽光を遮るものがない場所に、12×6 m、高さ2.4 mのシイタケ人工ほだ場を設置した。遮光にはすだれ状庇蔭材(商品名: ダイオフアラ)を使用して、東西、南北の2方向に交叉させてそれぞれ30 cm間隔で取り付けた(写真-1)。ほだ木は高さ1.2 mの鉄パイプ製棚に水平に並べたが、ダイオフアラの裾は地上1.7 mに位置した(写真-2)。

原木にはコナラ、末口径10~12 cm、樹皮厚2~3 mmのものを8本供試した。1994年3月、原木にシイタケ種菌

を植菌したが、子実体発生は1995年11月から始まった。
ほだ木内部の温度は1996年1月～1997年12月の2年間測定した。

温度測定箇所は樹皮直下の辺材表面1か所(ほだ木表面)と、樹皮下から2cm内側の2か所(ほだ木内上部, 下部)の計3か所で、いずれも木口面から10cm内側とした(図-1)。温度測定箇所にステンレス保護管付き温度センサーを差し込んで、自記温度計で記録した(写真-3)。また、ほだ場の気温は百葉箱内の自記温度計で記録した。

ほだ木内の温度とほだ場の気温について平均, 最高および有効積算温度を次式で計算した(4, 5)。

$$\text{日平均温度} = \frac{\Sigma(3 \text{ 時間間隔の温度})}{8}$$

$$\text{平均温度} = \frac{\Sigma(\text{日平均温度})}{\text{日数}}$$

$$\text{最高温度} = \frac{\Sigma(\text{日最高温度})}{\text{日数}}$$

$$\text{有効積算温度} = \Sigma(\text{日平均温度} - 5)$$

ただし、日平均温度が5℃未満を除く

1997年7～8月の2か月間、ほだ木の20cm上部を遮光率70%の寒冷紗で覆って、ダイオフララと併用した場合のほだ木表面温度を測定した(写真-4)。

人工ほだ場内と直射日光下の照度を積算照度計によって測定して、ほだ場内の遮光率を計算した。

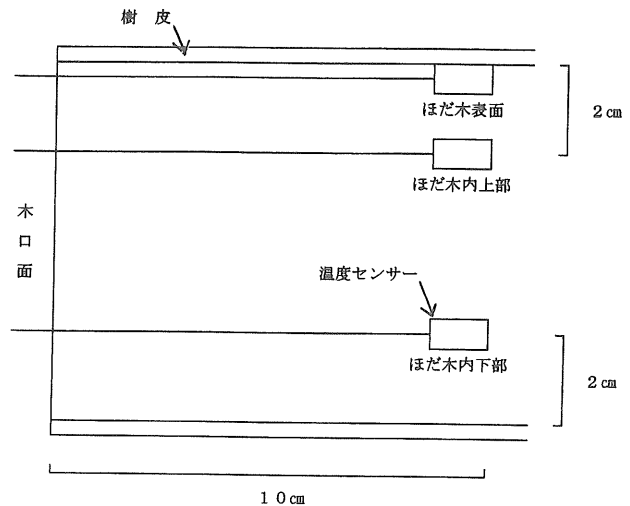


図-1 ほだ木内温度測定箇所

III 試験結果

ほだ場内の遮光率は季節別にみると6月は低く、12月に高かった。時間別にみると年間を通じて正午が低く、6月の正午は60%と最も低かった(表-1)。

表-1 すだれ状庇蔭材の遮光率

時	3月	6月	9月	12月
9～10時	75%	70	75	90
12時	70	60	70	80
15～16時	75	70	75	90

表-2 ほだ木内温度とほだ場気温

測定箇所	平均	最高	年有効積算 ^{*)}	日最高
ほだ木表面	14.3℃	18.8	3620	41.7
ほだ木内上部	14.1	17.3	3510	37.5
下部	13.9	17.0	3400	36.3
ほだ場気温	13.9	17.5	3380	35.8

*) 2年の平均

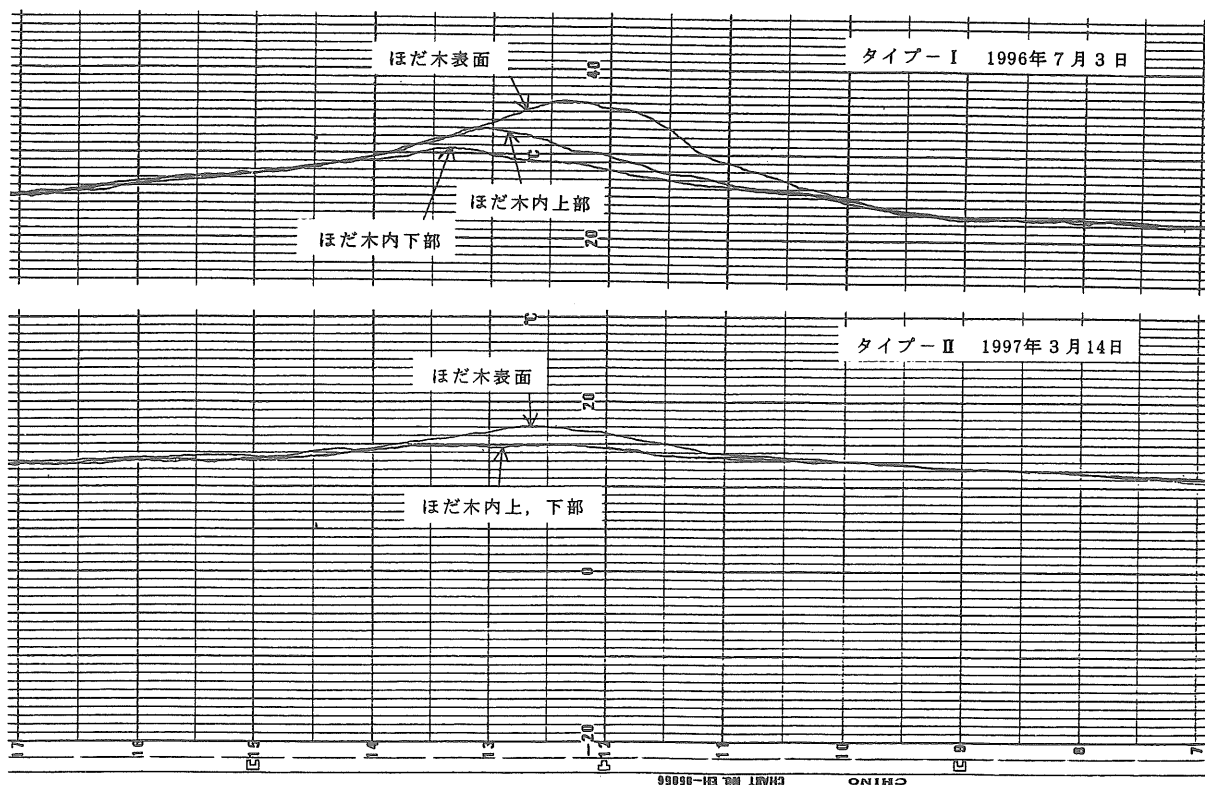


図-2 ほだ木内温度の変化

ほだ木表面とほだ木内の上部、下部の温度は平均、最高および積算温度ともほだ場気温と大きな差を認めなかった。しかし、ほだ木表面の日最高温度は42℃に達する日があり、ほだ場の日最高気温36℃に比べて6℃高かった(表-2)。

ほだ木内の1日における温度変化をみると2つのタイプがあり、代表例を図-2に示した。タイプ-Iは3か所の温度変化に差があり、ほだ木表面の温度が最も高く、ピークは12時頃であった。ほだ木内上部の温度はほだ木表面に比べてかなり低く、ピークは13時頃であった。ほだ木内下部の温度変化は上部に類似したが、最も低く、ピークは13~14時であった。タイプ-IIは3か所の温度変化にほとんど差がなかった。タイプ-Iを認めたのは4~10月の晴天日で調査期間の45%、タイプ-IIを認めたのは雨天・曇天日と11~2月の大半の日で調査期間の55%であった。

毎日のほだ木内上部と下部の平均をほだ木内部温度として、その日平均温度をほだ場の日平均気温と比較した。毎日の温度差ごとの日数を図-3に示したが、±3℃と範囲が狭く、差のない日が最も多かった。

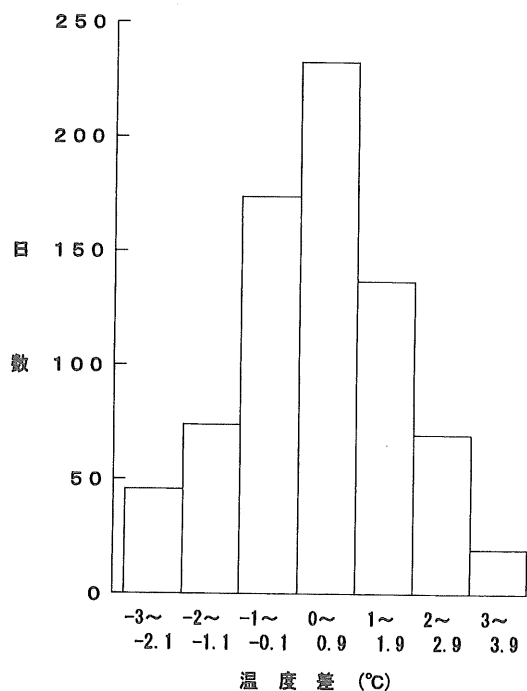


図-3 ほだ木内部の日平均温度 — ほだ場の日平均気温

ほだ木表面の日最高温度とほだ場の日最高気温を比較して、毎日の温度差ごとの日数を図-4に示した。ほだ木表面はほだ場気温に比べて3℃低い日から9℃以上高くなる日まで範囲が広がった。3℃以上高くなる日が多く、調査日数の約30%を占めた。3℃以上高くなる日は7～8月に多かったが、4～6月、9～10月にも若干認

めた。

ダイオフララと寒冷紗を併用した場合とダイオフララのみの場合でほだ木表面の日最高温度を比較して、毎日の温度差ごとの日数を図-5に示した。差のない日もあったが、寒冷紗を併用するとほだ木表面温度は1～7℃低くなって、日最高温度を35℃以下に抑えた。

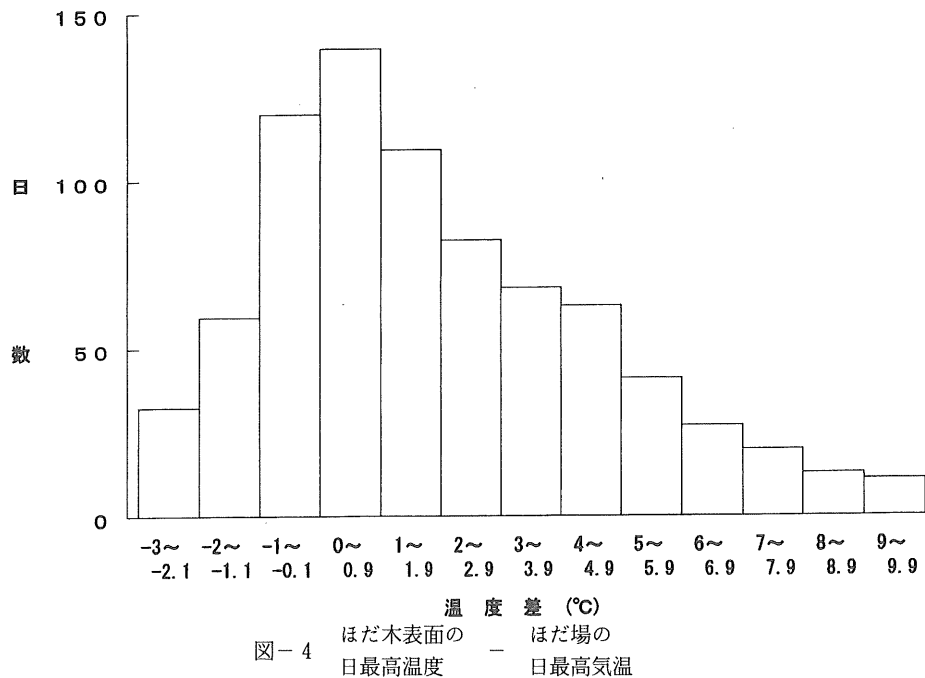


図-4 ほだ木表面の日最高温度 - ほだ場の日最高気温

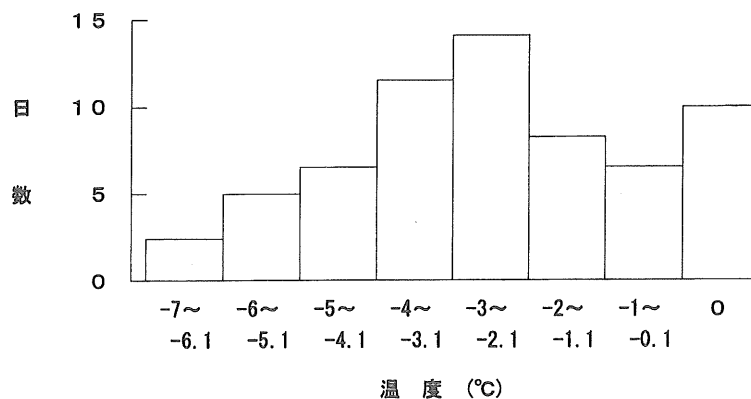


図-5 寒冷紗を併用した場合の温度上昇抑制効果

IV 考 察

本試験ではすだれ状の庇蔭材(ダイオフアラ)を使用して、ほだ木内の温度を測定した。ほだ木表面の温度は夏期には42℃に達することもあり、ほだ場気温と比べて3℃以上高くなる日が多かった。シイタケ菌は5～35℃の範囲で生育するため、このような夏期の高温はシイタケ栽培にとって劣悪な環境である(1)。庇蔭の程度をより強くする必要があるが、年間通じて庇蔭を強くすると積算温度が少なくなってシイタケ菌の生育に悪影響を及ぼすとも考えられる。

すだれ状の庇蔭材では太陽高度が高い時、直射日光がほだ木の一部に数時間当たることがあり、4～10月の晴天日にほだ木表面の温度だけがきわめて高くなった。このことは、とくに気温の高い夏期には問題となる。そこで7、8月の2か月間ダイオフアラに併用して寒冷紗でほだ木表面を覆った結果、ほだ木表面の温度上昇を1～7℃抑えて、日最高温度を35℃以下にすることができた。

ほだ木の温度上昇を抑制するために、寒冷紗などのネット状庇蔭材が用いられている(2, 3, 6)。本試験では積雪による破損を考慮してすだれ状庇蔭材を使用した。夏期にはネット状庇蔭材を併用する必要性を認めた。

今後はすだれ状庇蔭材の取り付け間隔、ネット状庇蔭材の種類と取り付け時期を検討する必要がある。

引 用 文 献

- (1) 古川久彦：食用きのこの栽培技術 わかりやすい 林業研究解説シリーズ77. pp20～22, 日本林業技術協会, 東京, 1995
- (2) 松本由友・渡辺 章：陽光の直射によシイタケほだ木内温度の変化について. 菌蕈研報1 : 85～91, 1961
- (3) 松本由友・西尾幸弘：人工庇蔭内におけるシイタケほだ木伏込地の地上高別温湿度の変化について. 菌蕈研報1 : 92～94, 1961
- (4) 中村克也 編：キノコの事典. pp229～230, 朝倉書店, 東京, 1982
- (5) 坪井八十二：農業気象ハンドブック. pp729～730, 養賢堂, 東京, 1974
- (6) 角田光利・谷口 寛・宮崎和弘・砂川政英・松尾芳徳：シイタケほだ木の黒腐病被害地に伏せ込んだほだ木辺材部の温度. 第1回日本応用きのこ学会要 : 75, 1997

Influence of Artificial Shades on Temperature in Bed Logs
for Cultivation of the Shiitake Mushroom

Yasuyuki TOMIKAWA

Summary

The temperature in bed logs for cultivation of the shiitake mushroom was examined under flaggy shades ('Daiofurara') at a bed log laying yard. The temperature on surface of bed logs was high on fine days between April and October and reached 42°C in summer season. In most days, the temperature on the surface was higher 3°C or more than the air temperature. The temperature in bed logs was not quite different from the air temperature. When net shades ('Kanrei-sha') were used with the flaggy shades, the temperature on the surface of bed logs was suppressed 1-7°C and up to 35°C.

写真-1～4

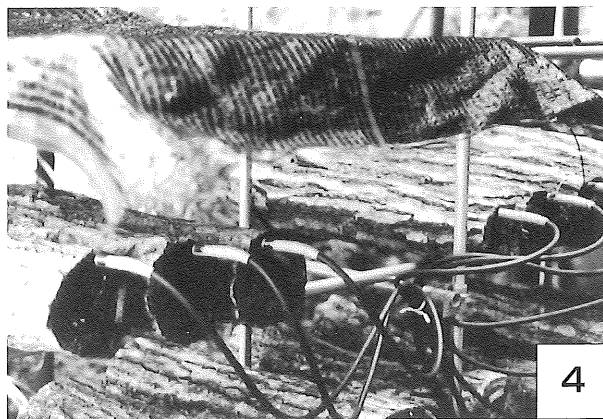
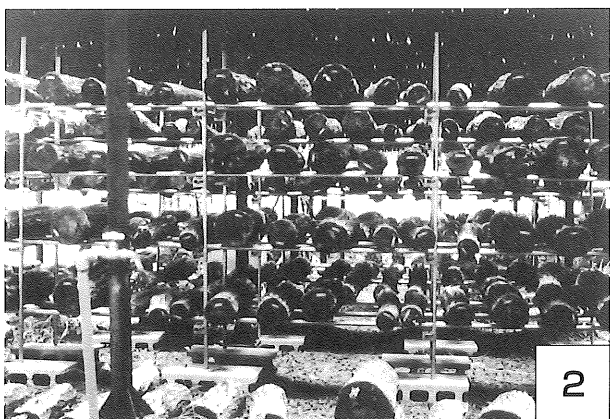
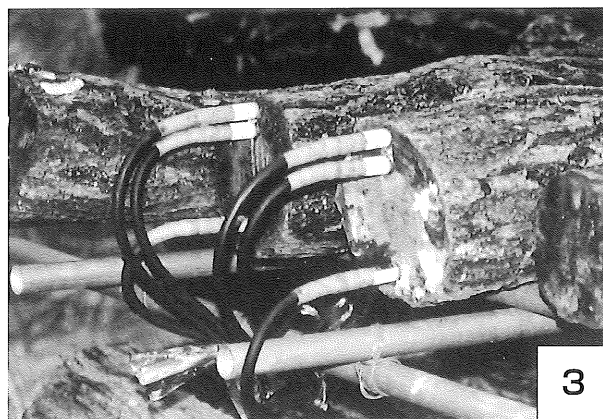
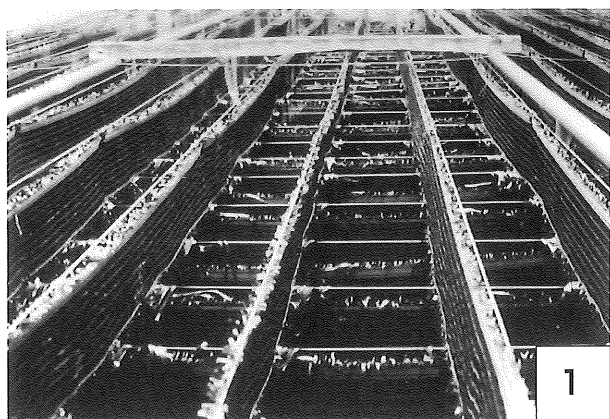


写真-1：すだれ状庇蔭材（ダイオフララ）

写真-2：人工ほだ場（温度測定ほだ木は棚の最上段）

写真-3：ほだ木内3か所の温度測定

写真-4：ネット状庇蔭材を併用したほだ木表面の温度測定

論文 林業機械作業が林地土壌に及ぼす影響

西 政 敏 ・ 石 橋 公 雄

Influence of working by forestry machine on forest soil

Masatoshi NISHI, Kimio ISHIBASHI

要 旨

1. 島根県八束郡宍道町内の23年生のヒノキ人工林において、タワーヤーダ、プロセッサとフォワーダを組み合わせた集材・造材作業が行われたが、林地土壌の及ぼした影響を調査した。
2. 林地土壌は土場が近くなるに従って激しく攪乱された。
3. 土壌深度5~10cmの含水率は中程度・軽微な攪乱地と無作業の対照地では55~60%、激度の攪乱地では対照地の30%であった。
4. 攪乱程度が激しくなるに従って、地表面の土壌硬度は増加して土壌孔隙率は減少した。
5. 土壌深度5~10cmの透水性は攪乱程度が激しくなるに従って小さくなり、激度の攪乱地では対照地の50%にすぎなかった。

I は じ め に

全国的に高性能林業機械の中でもスキッド、フォワーダ、プロセッサおよびハーベスタなどの車両系の機械の導入が進んでいる。島根県においても、これらの車両系の高性能林業機械が今後導入されていくと期待される。これまでのトラクタによる作業では、その作業跡地に植栽された苗木の成長があまり良好ではないとの報告があり(1)、車両系の高性能林業機械も同様の影響を与えるおそれがある。本研究では、車両系の高性能林業機械によって林地を傷つけない、森林環境を考慮した施業方法を確立するための基礎資料として、実際に車両系の高性能林業機械を中心とした作業跡地の土壌攪乱程度を調査した。

今回の調査は平成9年10~11月、島根県宍道町の1林分で行われた皆伐作業跡地を主な対象とした。

まず、作業跡地の攪乱状態を調査した。ついで、攪乱程度別の土壌表面硬度を調査した。さらに、採取した土壌の含水率、孔隙率、透水性、容積重および三相組成を測定した。

なお、皆伐作業は平成9年10~11月、「高性能林業機械オペレータ養成研修」と「グリーンマイスター研修」等の実習として行われたものである。

本調査は大型プロジェクト研究開発推進事業課題「機械化作業システムに適合した森林施業法の開発」で調査したものである。調査に御協力いただいたヒロシマ精機株式会社に厚くお礼申し上げる。

表-1 地況・林況

場 所	面積 (ha)	平均傾斜 (度)	樹 種	樹 齢 (年生)	成立本数 (本/ha)
八束郡穴道町	0.8	13	ヒノキ	23	2400

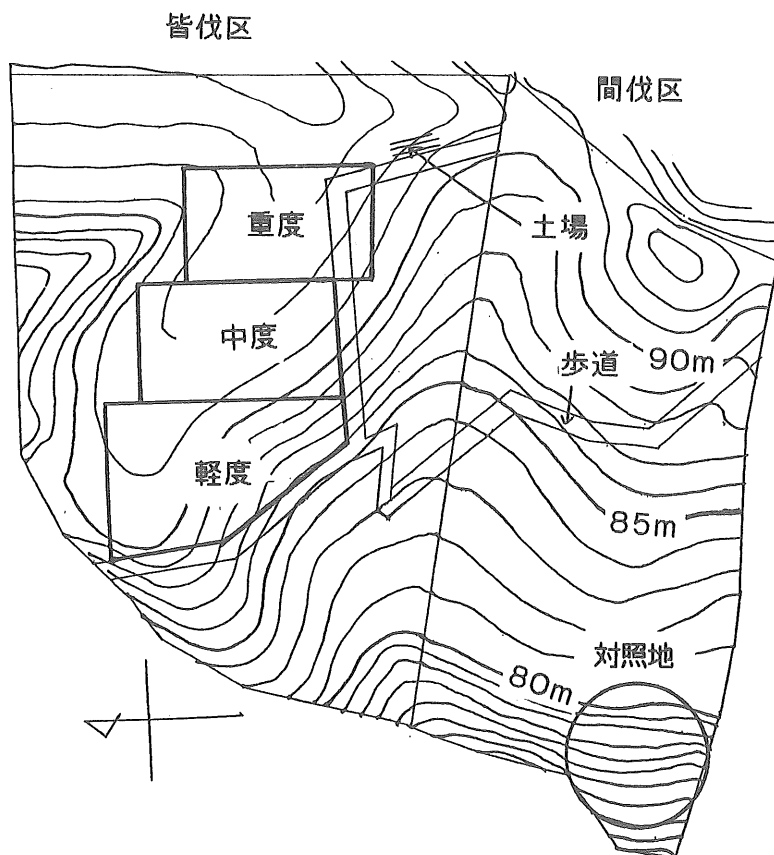


図-1 調査対象見取図

II 調査地，使用機械および調査方法

1. 調査地

島根県八束郡穴道町のふるさと森林公園内にある1林分とした。

調査地は島根県東部，出雲平野の南で，海拔が85～95m，北向きの斜面，表層地質図(5)より砂岩や礫岩を主とする地層，土壌図(5)より褐色森林土と乾性褐色森林土(赤褐色系)であった。

表-1と図-1に示すように，ヒノキの人工林で若齢林，傾斜は緩やかであった。幅員1mの歩道はあったが作業には使用せず，各機械は伐採跡地に設置した。

なお，伐採方法と林地の攪乱程度を調査するため，調査対象林分内に皆伐区と間伐区をもうけた。

2. 使用機械

架線系の高性能林業機械であるタワーヤーダは筑水キャ

ニコムM-20(車体重量:3300kg)，及川自動車RME-300T(車両重量:6700kg)であった。車両系の高性能林業機械であるプロセッサは新宮商工CP-30(ヘッド850kg，ベース12240kg)，フォワーダはイワフジRMF-CH(車両重量:5600kg，積載量:3000kg)であった。

走行方式はRME-300Tがホイール式，RMF-CHがホイール・クローラ式，M-20とCP-30がクローラ式であった。

3. 作業方法

チェーンソーで伐採して，短いスパンのタワーヤーダで集材作業をし，プロセッサによって造材作業を行った。そして，フォワーダによって土場へ運材作業を行った。土壌の攪乱はタワーヤーダとプロセッサの場所移動時と，主にフォワーダの運材走行時に起こった。

4. 調査方法

1) 攪乱程度

皆伐区では林地が攪乱した状態を3種類に区分した。

①軽度：攪乱がごく浅い範囲にとどまっていたり，地表面の沈下ごくわずかであること。②中度：表層土が機械に締め固められている。③重度：材や車両の通過により表層土が激しくあらされ，かなり締め固められている部分に分類した（写真-1～3）(4)。隣接する間伐区には対照地を設定した（図-1）。

3種類の機械の走行回数合計は軽度，中度および重度それぞれ2回程度，20回程度，30回程度であった。

2) 表層土壌硬度

平成10年2月，それぞれのプロット内の機械の轍を中心に5点の測定点を設定した。それぞれの測定点は山中式の土壌硬度計で地表面の土壌硬度を測定し，5点の平均値を求めた。

3) 土壌特性

2)の測定と同時期，表層硬度を測定した地点と同様の場所で，容積400cm³の採土円筒を用い，それぞれのプロットで地表面から土壌深度5～10cm，20～30cmの土を採取した。持ち帰った試料の含水率，孔隙率，透水性，容積重および三相組成を測定した(3)。

III 結果と考察

1. 攪乱程度

図-1に示すように土場が近くなるに従って，攪乱状態が軽度，中度，重度と激しかった（写真-1～4）。これはフォワーダによる土場への運搬作業によって，土

場周辺の機械の走行回数が多かったためと考える。

2. 表層土壌硬度

攪乱状態が激しくなるにしたがって硬度が大きくなった。重度，中度の地点では，対照地の1.7～2倍となった。軽度の地点では対照地より硬度が低かった（図-2）。

3. 土壌特性

1) 含水率

土壌深度5～10cmにおいて，攪乱状態の含水率が対照地，中度および軽度では55～60%と同程度であった。しかし，重度では対照地の30%ときわめて低かった。これは，表層の土壌が林業機械によって硬く踏みしめられたため，土壌中に水分が浸透しなかったためと考える。土壌深度20～30cmではいずれの状態でも，含水率は減少傾向にあった（図-3）。

2) 孔隙率

土壌深度5～10cmでは攪乱状態が激しくなるにしたがって孔隙率が減少した。重度では対照地の30%も減少した。これは，表層の土壌が林業機械によって硬く踏みしめられたためと考える。土壌深度20～30cmではいずれの状態でも対照地より減少傾向にあった（図-4）。

3) 透水性

透水性が良好な場所では，通常の基準値として100ml/分以上と見なされている(6)。土壌深度5～10cmでは最大でも20ml/分とあまり良好ではなかったが，土壌深度20～30cmでは最大100ml/分とやや良好であった

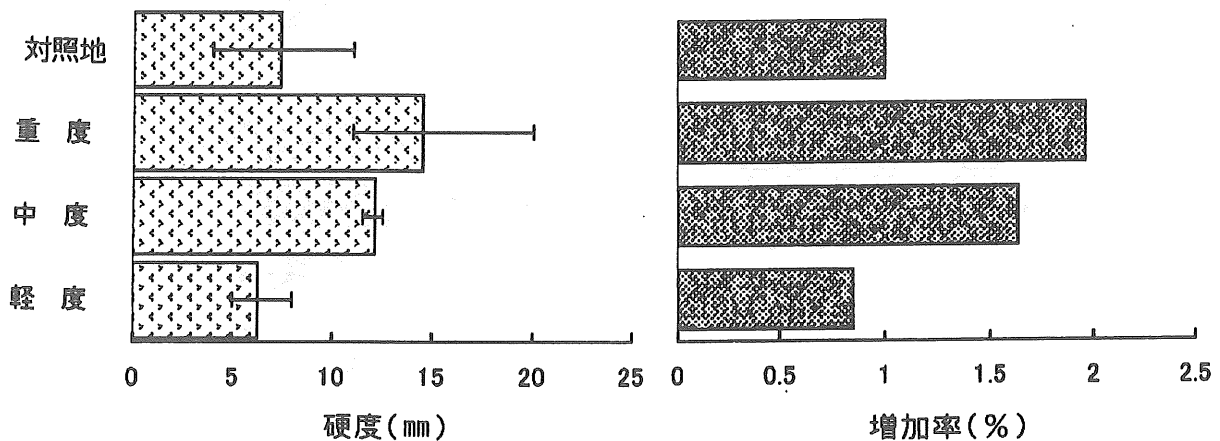


図-2 土壌硬度

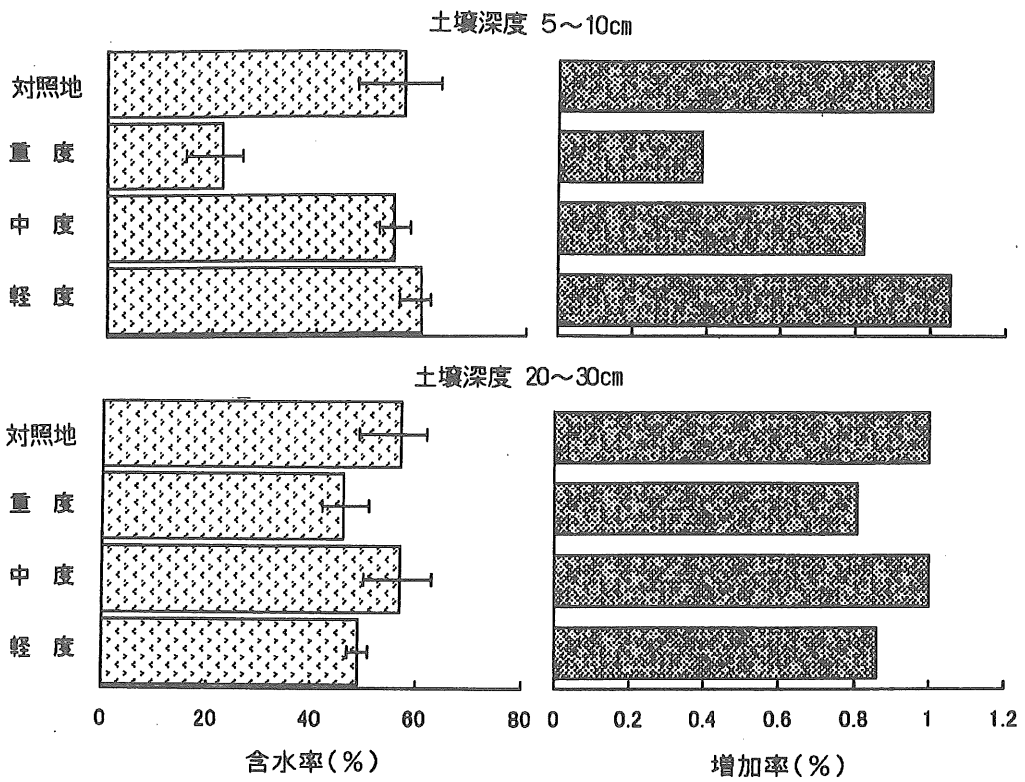


图-3 土壤含水率

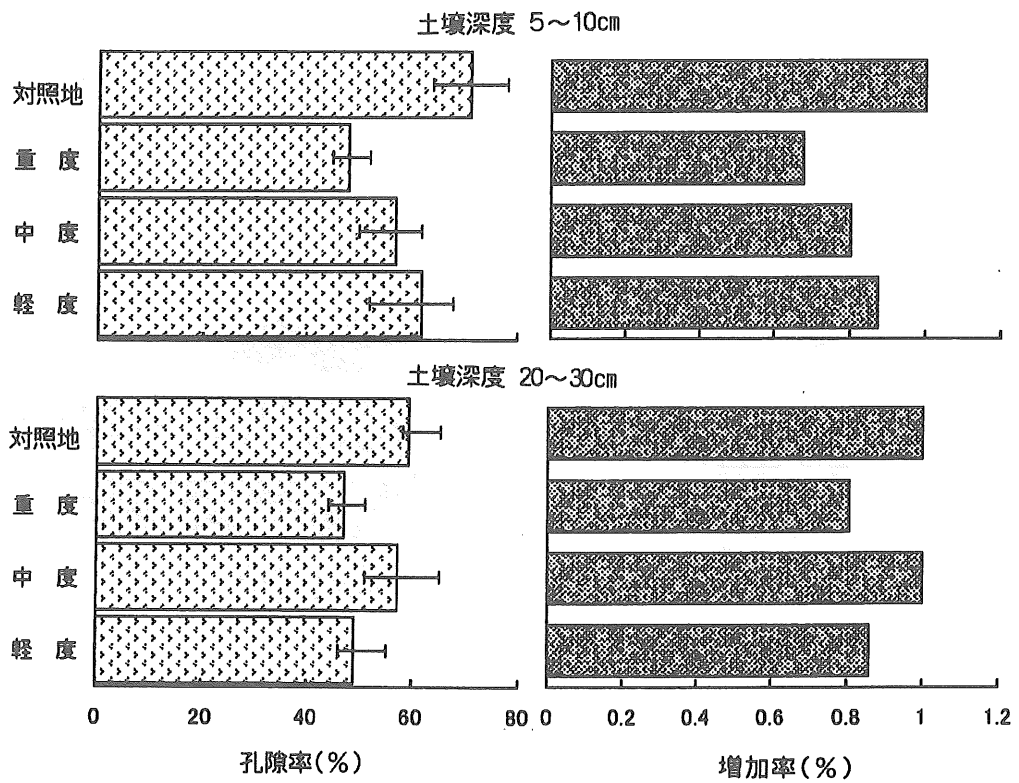


图-4 土壤孔隙率

表-2 透水性

(単位: ml/分)

土壌深度	5~10cm						20~30cm					
	開始5分間			開始15分間			開始5分間			開始15分間		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
対照地	20	0.5	11	18	0.5	10	5.4	0.3	1.9	6.8	0.2	2
重度	18.2	1	5	17	0.6	5	100	0.3	33	80	0.2	30
中度	12	1.9	6	1.6	15	6	8.9	0.2	3.1	8.2	0.5	3
軽度	20	1	9	19	0.8	9	12	3	9.1	11.6	3.5	9

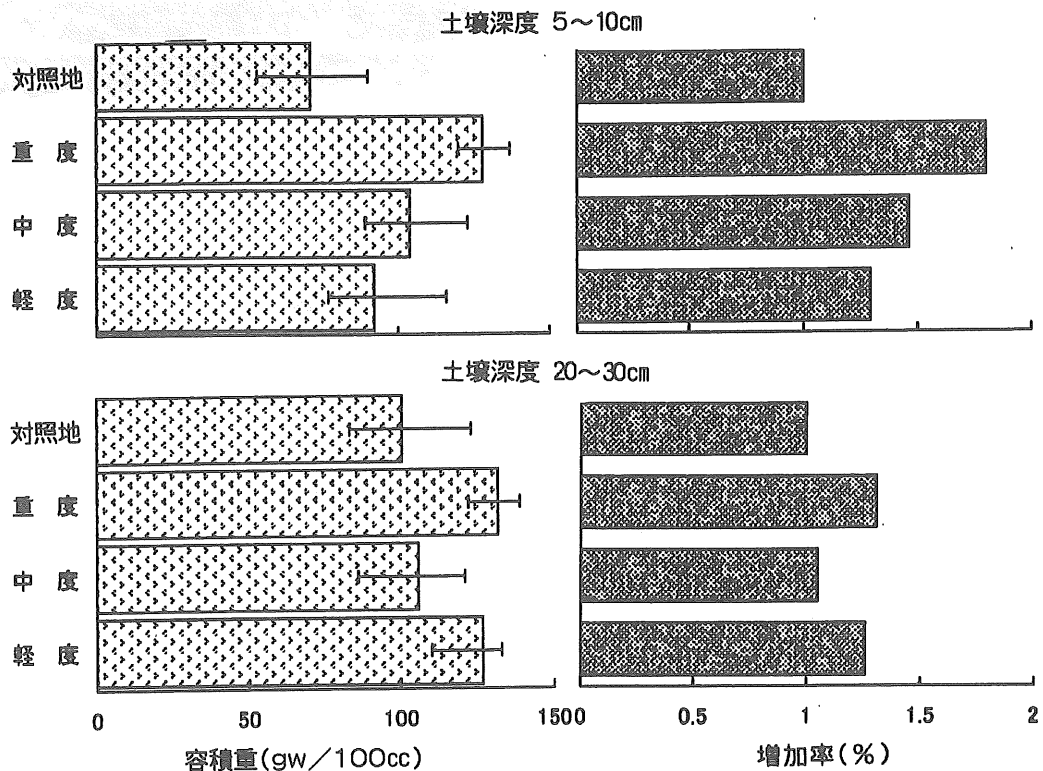


図-5 容積重

(表-2)。

攪乱状態別の平均値を比較すると土壌深度5~10cmでは攪乱状態が激しくなるにつれて速度は小さくなり、重度では対照地の50%ときわめて低かった。土壌深度20~30cmでは攪乱状態と速度との関係は見られなかった。

4) 容積重

一般に理学的の良好な土層では小さく(40~60gw/100m³)、不良な場合には大きな値を示す(3)。土壌深度5~10cmでは攪乱状態が激しくなるに従って、値が大き

くなった。中・重度では対照地の1.5~1.8倍であった。軽度では対照地の1.3倍できわめて小さかった。土壌深度20~30cmではいずれも対照地の1~1.3倍と増加したが、攪乱状態とは関係なかった(図-5)。

5) 三相組成

土壌深度5~10cmでは攪乱程度が激しい順に固相・気相は大きな値を示した。液相は攪乱状態が激しいほど小さな値を示した。これは山田ら(9)のフェラーバンチャー等の作業跡地の調査結果と同様の傾向であった。

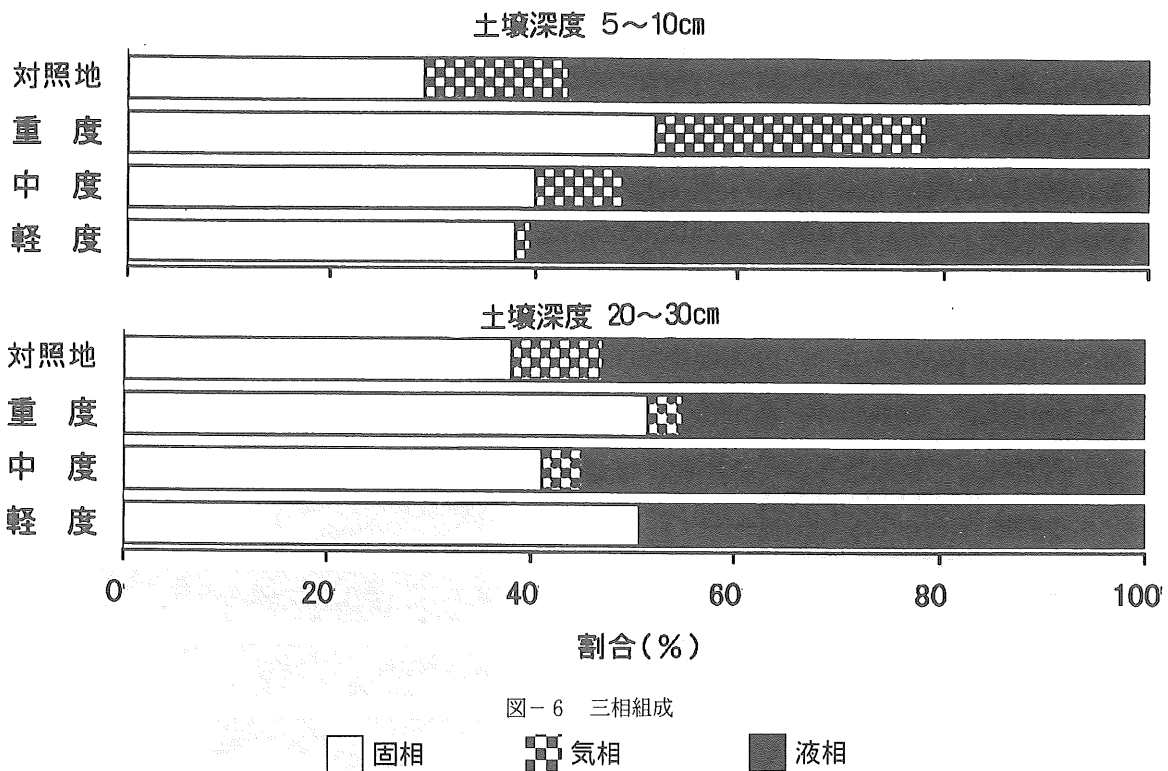


図-6 三相組成

□ 固相 ■ 気相 ■ 液相

重度では表層土壌が林業機械によって固められ、地中に水分が浸透しなかったためにこのような現象が起きたと考える。

土壌深度20~30cmでは固相は攪乱状態と関係なく40~55%を占めた。気相は重度と中度は対照地の50%で、軽度はほとんどなかった。液相は攪乱状態と関係なく45~50%であった。

土壌硬度と土壌孔隙率との関係は、トラクタによる伐採跡地での調査結果(7)と同様に、フォワーダ等の走行によっても土壌の締め固めにともなう土壌条件の変化は、硬度は増加して、土壌孔隙率は減少するという現象を確認できた。

1)~5)の土壌特性を分析した結果、今回、フォワーダを中心とする車両系の高性能林業機械作業で林地への影響が大きいのは、土壌深度5~10cmのところであった。

樹木の根系は表層近くに分布し、しかも養・水分吸収に関係するほとんどの根系は地表から10cm以内に分布しているといわれていることから、トラクタによる伐採跡地と同様、フォワーダ等の車両系の高性能林業機械の土壌の締め固めが表層土壌に著しいことは樹木の成長に影響

を与えると推察する(8)。

今回の調査結果から、車両系の高性能林業機械の走行による地表面への影響を少なくするためにも、集材作業路を確保することが必要である。さらに、古谷ら(2)のように、車両系伐出機械が移動する場所に枝条を敷いておくこと機械の走行による影響を和らげられるとの報告もあり、そうした努力を実際の作業の中で行う必要がある。

今後、土壌への影響面からみた高性能林業機械の伐出作業の評価ができるように、多くの調査事例を収集する必要があると考える。

引用文献

- (1) 古谷士郎・工藤大輔：植栽後20年経過したトラクタ集材跡地の土壌特性と植栽木の成長について。105回日林論，181~183，1994
- (2) 古谷士郎・近藤恵一・市村秀樹・大宮和之・川村義法・竹田史郎：車両系伐出機械の走行による林内土壌の物理特性の変化。107回日林論，449~452，1996

- (3) 河田 弘・小島俊朗：環境測定法Ⅳ－森林土壌－，pp73～87，共立出版株式会社，東京，1976
- (4) 林野庁：平成9年度林業試験研究設計書，pp35，林野庁，東京，1997
- (5) 島根県農林水産部農業開発課：出雲開発地域土壌分類基本調書－恵曇・今市－，島根県，1973
- (6) 森林土壌研究会編：森林土壌の調べ方とその性質，pp234～235，財団法人林野弘済会，東京，1982
- (7) 猪内正雄：トラクタ走行による土壌の締め固めと植栽苗木の生長（Ⅰ），岩手大学農学部演習林報告，pp33～41，1982
- (8) 猪内正雄・安達喜代美：トラクタ集材が伐採跡地の及ぼす影響（Ⅰ），日林誌64：136～142，1982
- (9) 山田 健・佐々木尚三：機械導入跡地における土壌攪乱，101回日林論，667～668，1990
- (10) 山田 健・佐々木尚三・Edwin S.MIYATA：機械導入跡地における土壌攪乱（Ⅱ）－実験的手法による土壌圧縮の測定－，102回日林論，725～726，1991

Influence of working by forestry machine on forest soil

Masatoshi NISHI, Kimio ISHIBASHI

Summary

1. Influence of working by forestry machines on forest soil was examined in a 23-year-old Japanese cypress stand, Shinji-cho, Shimane, where logging and bucking were operated on combined use of tower-yarder, timber processor, and forwarder.
2. Forest soil was mechanically disturbed by machines more heavily with the distance from the timber yard.
3. Water content in percent of dry weight 5-10 cm in soil depth was 55-60 % at moderately or slightly disturbed sites and at no-working control site, and 20 % at heavily disturbed site.
4. In the outer soil layer, soil was hard and soil porosity was low as forest soil was heavily disturbed.
5. Water percolation rate 5-10 cm in soil depth was small as forest soil was heavily disturbed and that at heavily disturbed site was 50 % at the no working control site.

写真-1~5



- 1~5 : 皆伐作業地
1, 4 : 土壌攪乱「重度」
2 : 土壌攪乱「中度」
3 : 土壌攪乱「軽度」
5 : フォワーダによる作業

島根県林業技術センター研究報告第 50 号

平成11年 3 月印刷

平成11年 3 月発行

島根県林業技術センター

島根県八束郡宍道町大字宍道 1586 (〒699-0401)

電話 0852-66-0301

印刷所 千鳥印刷株式会社

