

森林研究研修センター研究報告 第28号

2000年4月

目 次

スギ雪害抵抗性系統の耐陰性試験 小野瀬 浩 司 1

ツキノワグマによるスギ剥皮害の防除技術 齊 藤 正 一 11

プロトプラストによる一核菌糸を利用したきのこの交配例
..... 三 河 孝 一 23

論文

スギ雪害抵抗性系統の耐陰性試験

小野瀬 浩 司

Test of Artificial Shading of Sugi Resistant Snow Damage Trees

Kouji ONOSE

(1999年12月2日受理)

要旨：多雪地帯において複層林を造成する際に下木として植栽するスギ苗木の適性に関する情報を得るため、相対照度10%台後半の人工庇陰施設とその対照となる無庇陰区を設けて、山形県が保有している雪害抵抗性クローンから無作為に選んだ12系統の実生苗を植栽し、植栽から3生長期経過時までの生長経過および4生長期経過時の形態からみた健全性の調査から、多雪地帯における複層林下木として適するとみられる系統と複層林下木としては避けるべき系統に分けた。①庇陰区と無庇陰区の苗高生長と根元径生長は、植栽2年目からそれぞれ特徴的な年間の生長周期を示し、生長が旺盛となる時期は無庇陰区よりも庇陰区の方が早い傾向にあった。②苗高生長と根元径生長は、庇陰区よりも無庇陰区の方が有意に優れていた。③生長と形態からみた健全性の両面から、複層林下木として適するとみられる1系統と、複層林下木としては避けるべきとみられる1系統を把握した。

I はじめに

山形県における経済林を目標とした人工造林の95%以上がスギであるが、スギ経済林としての施業がなされていても、根元曲りが大きいために経済性の低下した林も多く存在している。スギの根元曲りは、樹高が積雪深の2～2.5倍に達して樹幹が雪面から抜け出すまでの雪による倒伏と消雪後の立直りのくり返しによって形成される。そこで、スギ壮齡林内の積雪が少ないことに着目すると、積雪の少ない林内に造林地を造成する複層林施業は埋雪回数が少なくなることから根元曲りの軽減に有効であると考えられる。さらに、雪害抵抗性系統を下木として複層林施業に導入すれば根元曲りの軽減すなわち生産収入の増大に大きく貢献できる。しかし、雪害抵抗性系統を下木として複層林施業に導入するには、それらの耐陰性の大小が問題となり、積雪の少ない林内に植栽しても耐陰性が小さく生長量が積雪深の逡減より小さければ、埋雪および雪による倒伏の回数が多くなり、根元曲りを軽減することは困難になる。スギの耐陰性についてはすでに、河原ら(1983)、

田辺(1985)、関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会(1992)などの報告があり、複層林先進地の西日本を中心に複層林下木として適する品種や系統が選別されている。しかし、それらの品種や系統を本県に導入することは、林業種苗法上の制約のほかに、気象条件とくに積雪環境の違いのため現実には不可能である。そこで、多雪地帯における複層林施業の下木として有効な系統を把握するために雪害抵抗性系統の耐陰性試験を行った。

II 試験方法

1992年4月上旬に人工庇陰施設による庇陰区とその対照となる無庇陰区を設置し、スギ雪害抵抗性12系統の実生苗を植栽した。植栽から1994年まで3生長期の生長経過を調査し、4生長期を経過した1995年11月下旬に苗木を掘り取って、植栽木の形態からみた健全度を判定し、生長と形態からみた健全性から耐陰性を評価した。

1. 供試苗木と植栽方法

供試苗木は、山形県内から選抜されたスギ雪害抵抗性クローンの耐雪山形県2号、耐雪山形県3号、耐雪山形県4号、耐雪山形県5号、耐雪山形県10号、耐雪山形県12号、耐雪山形県24号、耐雪山形県51号、耐雪山形県52号、耐雪山形県53号、耐雪山形県58号、および耐雪山形県61号の12系統を母系とする2回床替え3年生のスギ実生苗である。植栽間隔は庇陰区および無庇陰区とも50×50cmとし、それぞれの区に各系統15本ずつを単木無作為配置で1992年4月上旬に植栽した。

2. 人工庇陰と相対照度

市販の遮光率85%の寒冷紗で上部と周囲を被覆した高さ2.0m、縦10.0m、横13.0mの人工庇陰施設を設置した。人工庇陰施設の雪による倒壊を防ぐために、寒冷紗は毎年4月上旬に設置し、11月下旬に撤去した。相対照度は、庇陰区照度の無庇陰区照度に対する百分率で求めた。照度の測定は、庇陰区と無庇陰区を同時に、苗木の梢端より約10cm上の位置で、ランダムに移動しながら1回当たり1分間積算照度測定を3回行った。測定期間と測定回数は、毎年4月から11月まで月3回午前11時から午後1時の間とした。使用した照度計は、デジタル照度計IM-3（東京光学機械株式会社）である。

耐陰性試験を人工庇陰で行う場合と実際に林内で行う場合とでは、陽光の波長、温度、および湿度等が異なることが考えられるが、本試験では人工庇陰による照度低下以外の環境条件は無視した。

3. 生長および健全性の調査方法

生長については、3生長期にわたって毎年4月から11月の期間に、苗高は毎月上旬、中旬、下旬にcm単位で、根元径は地際から2cmの部位に印を付して毎月中旬にmm単位で毎木測定した。健全性については、植栽から4生長期を経過した1995年11月下旬にすべての苗木を掘り取り、表-1に示した苗木の健全度の評価指数によって、地上部と地下部の健全度を判定した。

4. 耐陰性評価の方法

生長の良否は、植栽時の苗木の大きさのちがいの影響を除くために、植栽時の苗木の大きさを補助変数、3生長期経過時の苗木の大きさを主変数

とする共分散分析を行い、同等の大きさの苗木を植栽した場合に予想される修正平均値と比較した。

雪折れ等で残存本数が13本となった系統があったため、14本以上残存した系統については苗高の最も大きい個体、最も小さい個体の順に削除し、庇陰区、無庇陰区とも1系統13本に統一して分析を行った。

各系統の形態からみた健全性の評価は、表-2に示した苗木の優良個体と不良個体の区分により、単木ごとに優良と不良を判定し、系統ごとに優良個体および不良個体の出現率を求めて比較した。

表-1 苗木の健全度の評価指数

健全度	説明
樹冠の形	
1 (健全)	樹冠が正常（枝葉を四方に張り純円錐形）で病虫害や損傷がない
2 (中間)	不健全ではないが健全ほど優れていない
3 (不健全)	樹冠が不正常（傘型、歪小）かまたは病虫害や損傷がある
樹幹の形	
A (健全)	通直
B (中間)	根元部にわずかな曲りがある
C (不健全)	幹全体に大きな曲りがある
根張り根量	
1 (健全)	四方にほぼ均等に根を張り、細根が発達し、地上部との釣合いがとれている
2 (中間)	不健全ではないが健全ほど優れていない
3 (不健全)	根張りが小さく、細根量も少ないかまたは絡み合っている

表-2 苗木の優良個体と不良個体の区分

区分	部位	苗木の健全度
優良個体	地上部	1-A、1-B
	地下部	1
不良個体	地上部	1-C、2-C、3-ABC
	地下部	3

III 結果および考察

1. 相対照度

庇陰区の相対照度は年次別に多少異なり、1992年が最小14.8%、最大21.0%、平均17.6%、1993年が最小15.6%、最大21.3%、平均17.7%、1994年が最小14.4%、最大20.7%、平均18.7%で

あった。3 生長期間の平均は17.9%であった。

2. 生長経過

植栽1年目の生長経過には特徴的なものがみられなかったが、植栽2年目から庇陰区および無庇陰区のそれぞれに、年間の生長経過のなかに特徴的な生長周期があらわれた。

植栽2年目からの苗高生長は、庇陰区および無庇陰区ともに2回の生長旺盛期を持つ2山型の生長周期を示した。筆者(1992)は、精英樹の耐陰性試験の苗高生長は庇陰区は無庇陰区よりも約1ヶ月早く生長旺盛期が出現したことを報告した。今回の試験においても2回の生長旺盛期は、図-1に示すように庇陰区で5~6月と8~9月に、無庇陰区で6~7月と8~9月にあらわれ、春期の生長旺盛期が庇陰区では無庇陰区よりも約1ヶ月早く出現した。

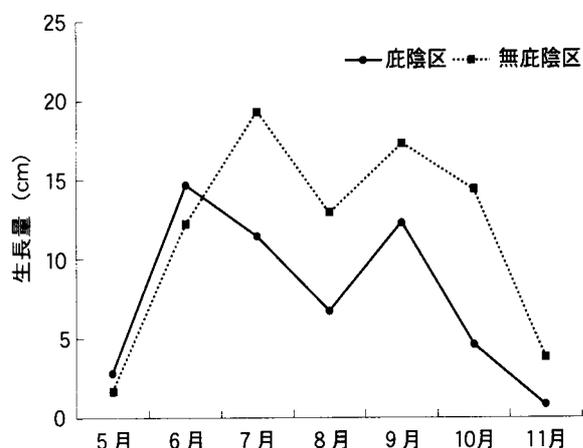


図-1 3 生長期目の月別苗高生長量

植栽2年目からの根元径生長は、庇陰区では4月から11月まで平均的に生長するが春期の生長が大きく、無庇陰区では9~10月に生長旺盛期があらわれる。筆者(1992)は、精英樹の耐陰性試験の根元径生長は庇陰区では7月以降の生長が劣ることを報告した。今回の試験においても庇陰区の生長は同様の傾向を示した。

これまで2回の耐陰性試験を通じて庇陰区および無庇陰区の年間の生長経過は、庇陰区の生長旺盛期は無庇陰区よりも早く出現する傾向にある。よって、複層林施業地での検証が必要であるが、複層林における下刈り作業は近隣の皆伐一斉林より先行して行うべきと考える。

3. 生長面からの耐陰性の評価

表-3、4、5、6に庇陰区と無庇陰区の植栽時と3生長期経過時の苗高と根元径を示した。

庇陰区と無庇陰区の苗高生長の差の有無を把握するため植栽時の苗高を補助変数として共分散分析を行い、表-7に共分散分析表を、表-8に庇陰区・無庇陰区ごとの回帰係数の差の検定結果を、表-9にこみにした庇陰区・無庇陰区内回帰の有意性検定結果を、表-10に修正平均値の有意差検定結果を示した。

庇陰区と無庇陰区間の3生長期経過時の苗高の修正平均値には0.1%水準で有意な差が認められた。苗高の修正平均値の95%信頼区間は、庇陰区で111.6~123.7cm、無庇陰区で164.9~177.0cmであり、無庇陰区の生長が優れていた。

また、同様に庇陰区と無庇陰区の根元径生長の差の有無を把握するため植栽時の根元径を補助変数として共分散分析を行った。

庇陰区と無庇陰区間の3生長期経過時の根元径の修正平均値には0.1%水準で有意な差が認められた。根元径の修正平均値の95%信頼区間は、庇陰区で17.9~19.8mm、無庇陰区で28.6~30.5mmであり、無庇陰区の生長が優れていた。

すなわち、苗高生長および根元径生長とも、庇陰区と無庇陰区の間にきわめて明瞭な差が認められ、無庇陰区の生長が優れており、池本(1979)、小野瀬(1992)の報告と同様の結果を示した。

系統間の苗高生長および根元径生長の比較を行うため植栽時の苗高および根元径を補助変数とし、系統間を因子とした共分散分析を行った。苗高生長は系統間に1%水準で有意な差が認められた。図-2に系統ごとの3生長期経過時の苗高の修正平均値の95%信頼区間を示した。また、根元径生長は系統間に1%水準で有意な差が認められた。図-3に系統ごとの3生長期経過時の根元径の修正平均値の95%信頼区間を示した。苗高および根元径の形質について、系統についての処理区間に正の相関がうかがわれるが、苗高では5、24および51号に根元径では24号と51号等に系統と処理の交互作用が推定されるので、次に述べる系統評価では庇陰区の修正平均値で各系統を評価することとした。

庇陰区の苗高修正平均値の総平均117.6cmの95%信頼区間111.6~123.7cmよりも有意に優れた生長を示した系統は耐雪山形県4、52号の2

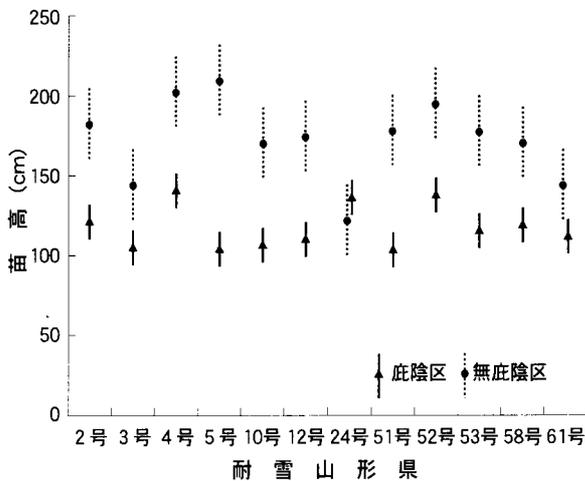


図-2 苗高修正平均値と95%信頼区間

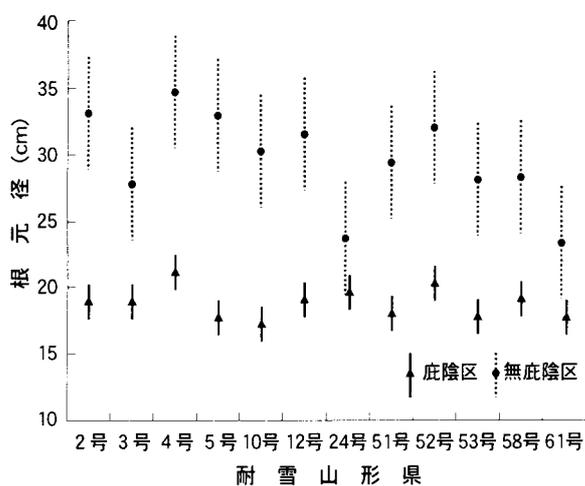


図-3 根元径修正平均値と95%信頼区間

系統であった。これに対し、総平均よりも有意に劣った生長を示した系統はなかったが、耐雪山形県3、5、10、12、51号の5系統は無庇陰区の苗高修正平均値の総平均の約6割以下の生長しか示さなかった。壮齡スギ人工林においては、林内積雪深は林外積雪深の約6割であると報告（小野瀬：1991）されている。よって、これらの系統では生長量が小さいため、林内積雪深の通減がスギの埋雪および倒伏の回数を減らすことに結びつかず、根元曲りの軽減が期待できないと考える。

庇陰区の根元径修正平均値の総平均18.8mmの95%信頼区間17.9~18.9mmよりも有意に優れた生長を示した系統は耐雪山形県4号のみであった。これに対し、総平均よりも有意に劣った生長を示した系統はなかった。福島（1984）は相対照度20%台前半の庇陰下で苗高および根元径とも無庇陰区よりも生長のよいスギのクローンにつ

いて報告しているが、本試験では庇陰区の方が生長がよい系統は認められなかった。

これらの結果から、生長面で耐陰性の大きい系統、すなわち複層林下木として適するとみられる系統は、苗高生長と根元径生長のいずれも優れている耐雪山形県4号であった。逆に、生長面で耐陰性の小さい系統、すなわち複層林下木として避けるべきとみられる系統は耐雪山形県3、5、10、12、51号の5系統であった。

4. 健全性からの耐陰性の評価

表-11に系統ごとの優良個体出現率（ $100 \times$ 優良個体数/標本数）、表-12に系統ごとの不良個体出現率（ $100 \times$ 不良個体数/標本数）を示した。優良個体出現率では12号と61号等に、不良個体出現率では10号と24号等に交互作用が推定されるので、次に述べる系統評価では庇陰区の優良個体出現率および不良個体出現率で各系統を評価することとした。

地上部の健全性では、庇陰区全体の優良個体の出現率は平均27.6%（95%信頼区間：20.7~35.3%）、無庇陰区全体の優良個体の出現率は平均45.5%（95%信頼区間：37.5~53.7%）であり、優良個体の出現率は無庇陰区が庇陰区よりも有意に大きかった。系統ごとには、庇陰区全体の優良個体の平均出現率よりも大きい優良個体出現率を示した系統は、耐雪山形県2、4、24、52、53および58号の6系統であった。また、庇陰区全体の不良個体の出現率は平均25.0%（95%信頼区間：18.4~32.6%）、無庇陰区全体の不良個体の出現率は平均30.1%（95%信頼区間：23.0~38.0%）であり、不良個体の出現率は庇陰区と無庇陰区の間には有意な差が認められなかった。系統ごとには、庇陰区全体の不良個体の平均出現率よりも大きい不良個体出現率を示した系統は、耐雪山形県12号であった。

地下部の健全性では、庇陰区全体の優良個体の出現率は平均35.9%（95%信頼区間：28.4~44.0%）、無庇陰区全体の優良個体の出現率は平均41.7%（95%信頼区間：33.8~49.8%）であり、優良個体の出現率は庇陰区と無庇陰区の間には有意な差が認められなかった。系統ごとには、庇陰区全体の優良個体の平均出現率よりも大きい優良個体出現率を示した系統は、耐雪山形県2、3、4、5、24、52、53、61号の8系統であった。また、

表-3 庇陰区の植栽時と3生長期経過時の苗高

系統名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
耐雪山形県2号 植 栽 時	40	38	35	34	35	33	32	33	29	29	31	34	31
3 生長期経過時	143	122	113	128	107	122	135	87	154	123	107	141	122
耐雪山形県3号 植 栽 時	27	32	35	35	30	36	32	35	33	30	34	35	35
3 生長期経過時	95	111	106	128	102	122	111	104	108	100	113	95	100
耐雪山形県4号 植 栽 時	38	34	31	34	31	31	34	27	36	35	34	31	29
3 生長期経過時	130	148	131	133	124	128	148	137	159	143	157	147	157
耐雪山形県5号 植 栽 時	22	26	37	29	33	25	27	30	20	32	27	27	30
3 生長期経過時	95	111	95	105	70	81	88	86	73	150	94	146	141
耐雪山形県10号 植 栽 時	29	27	33	32	22	21	20	22	25	27	25	23	22
3 生長期経過時	126	107	100	127	93	92	86	108	74	108	100	120	90
耐雪山形県12号 植 栽 時	32	35	30	32	28	36	34	28	27	31	28	29	35
3 生長期経過時	103	126	93	93	98	97	122	108	112	126	125	112	119
耐雪山形県24号 植 栽 時	34	33	35	33	31	41	38	29	31	36	32	41	43
3 生長期経過時	120	125	139	136	149	149	157	159	131	121	96	130	10
耐雪山形県51号 植 栽 時	28	26	25	28	31	19	18	27	22	20	27	23	25
3 生長期経過時	106	95	96	111	122	81	87	129	85	78	102	114	95
耐雪山形県52号 植 栽 時	30	27	27	30	29	23	22	27	27	22	25	30	28
3 生長期経過時	146	146	126	151	125	155	111	184	147	125	133	109	106
耐雪山形県53号 植 栽 時	31	31	27	26	26	22	31	28	30	24	32	29	25
3 生長期経過時	97	122	144	113	120	96	117	127	132	107	67	113	125
耐雪山形県58号 植 栽 時	25	37	34	26	31	41	28	29	33	29	27	33	26
3 生長期経過時	112	102	131	109	137	98	117	115	121	119	133	125	127
耐雪山形県61号 植 栽 時	31	26	28	25	29	31	29	30	27	29	26	23	22
3 生長期経過時	139	126	92	95	106	128	72	99	129	80	121	127	120

注：単位cm

表-4 無庇陰区の植栽時と3生長期経過時の苗高

系統名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
耐雪山形県2号	植栽時	32	34	28	33	29	30	39	33	34	33	29	31	36
	3生長期経過時	243	195	207	191	157	129	191	195	172	167	166	171	210
耐雪山形県3号	植栽時	41	31	38	30	32	35	35	31	37	29	35	37	36
	3生長期経過時	85	191	148	86	117	190	130	141	183	193	117	174	177
耐雪山形県4号	植栽時	36	39	40	33	30	31	36	38	36	32	37	32	37
	3生長期経過時	193	230	232	189	207	192	253	217	173	111	202	312	183
耐雪山形県5号	植栽時	26	30	35	31	32	25	28	27	28	22	26	26	32
	3生長期経過時	183	204	172	250	215	152	160	234	255	234	198	160	254
耐雪山形県10号	植栽時	26	31	32	33	31	27	28	32	27	24	31	27	26
	3生長期経過時	100	233	206	136	157	112	174	163	199	112	177	165	245
耐雪山形県12号	植栽時	26	29	32	34	29	29	32	31	32	26	27	32	33
	3生長期経過時	157	228	176	207	200	259	112	155	186	159	100	147	162
耐雪山形県24号	植栽時	24	35	35	32	35	23	37	37	35	38	33	36	35
	3生長期経過時	131	100	178	57	100	139	165	215	619	88	191	88	111
耐雪山形県51号	植栽時	32	31	25	22	29	25	31	33	28	26	23	28	30
	3生長期経過時	245	128	155	142	198	217	217	150	107	168	240	182	112
耐雪山形県52号	植栽時	32	26	27	27	28	29	29	34	37	35	32	30	28
	3生長期経過時	322	185	237	237	128	210	187	217	177	153	150	188	135
耐雪山形県53号	植栽時	33	27	27	27	32	31	23	27	31	28	30	31	30
	3生長期経過時	292	139	147	182	237	209	181	185	165	145	88	154	150
耐雪山形県58号	植栽時	27	28	36	28	27	24	39	30	33	36	29	28	29
	3生長期経過時	120	94	127	135	132	184	249	235	262	157	137	190	181
耐雪山形県61号	植栽時	27	35	32	28	25	26	28	30	22	27	25	25	24
	3生長期経過時	207	102	117	125	75	222	183	119	124	108	124	151	139

注：単位cm

表-5 庇陰区の植栽時と3生長期経過時の根元径

系統名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
耐雪山形県2号	植栽時	7	8	7	6	7	7	8	6	6	6	8	9	7
	3生長期経過時	18	21	17	17	18	21	24	17	24	21	16	21	20
耐雪山形県3号	植栽時	7	8	7	7	7	8	7	6	8	7	8	8	8
	3生長期経過時	19	25	19	21	19	23	19	21	17	18	18	19	19
耐雪山形県4号	植栽時	7	7	7	8	6	8	6	6	7	7	7	6	5
	3生長期経過時	19	24	18	21	20	23	21	23	23	20	23	23	20
耐雪山形県5号	植栽時	6	5	6	7	6	5	5	5	4	6	7	6	5
	3生長期経過時	17	17	13	16	16	18	19	13	16	21	17	21	19
耐雪山形県10号	植栽時	7	6	8	5	5	5	5	5	6	6	5	5	6
	3生長期経過時	17	15	22	18	15	16	15	18	17	18	16	16	14
耐雪山形県12号	植栽時	5	7	6	7	6	7	7	7	5	7	6	5	6
	3生長期経過時	16	17	18	20	19	23	25	14	17	22	19	19	20
耐雪山形県24号	植栽時	8	9	7	7	8	8	7	7	7	8	7	10	10
	3生長期経過時	21	21	19	21	17	23	24	24	18	19	17	22	24
耐雪山形県51号	植栽時	6	5	7	7	5	4	5	6	5	4	6	6	6
	3生長期経過時	18	16	17	19	18	17	16	21	16	13	19	20	15
耐雪山形県52号	植栽時	6	5	7	5	6	6	5	6	6	6	5	6	6
	3生長期経過時	19	15	21	20	24	23	19	23	20	22	18	18	16
耐雪山形県53号	植栽時	6	7	5	5	7	4	7	5	6	7	6	5	5
	3生長期経過時	17	17	20	18	15	14	19	17	21	18	13	19	17
耐雪山形県58号	植栽時	5	6	6	5	6	7	5	7	6	5	6	7	8
	3生長期経過時	16	16	20	16	18	19	23	20	19	16	23	18	20
耐雪山形県61号	植栽時	6	7	6	8	7	8	7	6	6	6	6	5	6
	3生長期経過時	17	18	17	20	17	22	16	18	17	18	19	16	17

注：単位cm

表-6 無庇陰区の植栽時と3生長期経過時の根元径

系統名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
耐雪山形県2号	植栽時	6	5	8	8	7	6	8	8	7	6	5	7	7
	3生長期経過時	45	30	36	31	24	25	41	33	36	31	29	33	36
耐雪山形県3号	植栽時	9	7	8	7	9	6	9	9	7	7	7	8	7
	3生長期経過時	17	38	26	16	25	34	26	29	31	33	24	33	28
耐雪山形県4号	植栽時	7	7	7	6	7	7	8	7	8	8	8	7	7
	3生長期経過時	35	51	39	26	32	35	36	36	28	20	33	50	29
耐雪山形県5号	植栽時	6	7	6	5	5	5	6	6	5	5	6	5	8
	3生長期経過時	33	38	25	41	34	22	20	29	43	44	35	25	39
耐雪山形県10号	植栽時	7	7	6	6	7	7	7	7	7	6	7	6	7
	3生長期経過時	18	39	35	31	28	22	36	22	34	23	29	28	48
耐雪山形県12号	植栽時	6	6	6	7	6	6	7	6	6	7	6	6	6
	3生長期経過時	35	48	28	31	39	38	23	26	32	35	16	27	32
耐雪山形県24号	植栽時	5	8	7	7	9	4	8	9	8	7	7	7	7
	3生長期経過時	22	17	28	32	19	20	28	38	14	19	32	18	20
耐雪山形県51号	植栽時	7	7	5	6	8	4	6	6	5	6	4	7	6
	3生長期経過時	44	25	29	24	40	41	34	23	17	28	29	30	19
耐雪山形県52号	植栽時	6	6	6	5	5	6	6	7	6	6	6	5	8
	3生長期経過時	64	31	41	37	21	30	36	31	24	25	26	27	23
耐雪山形県53号	植栽時	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	7	6	6
	3生長期経過時	44	21	26	25	38	36	25	29	27	22	21	23	29
耐雪山形県58号	植栽時	7	6	7	6	6	5	7	6	6	8	7	5	5
	3生長期経過時	23	16	20	25	23	30	44	35	42	26	26	26	32
耐雪山形県61号	植栽時	6	7	9	6	6	5	8	7	5	7	7	6	5
	3生長期経過時	35	19	21	20	17	34	32	20	21	23	20	23	19

注：単位cm

表-7 庇陰区と無庇陰区の苗高の共分散分析表

変動因	自由度	平方和・積和			回帰係数 Cxy/Sx	回帰による 平方和 Cxy ² /Sx	回帰残差	
		Sx	Cxy	Sy			平方和	自由度
V1 (無庇陰区)	155	2,736.61	2,419.75	390,364.00	0.8842	2,139.58	388,224.00	154
V2 (庇陰区)	155	3,625.50	5,600.06	76,443.20	1.5446	8,650.03	67,793.20	154
VTOTAL							456,017.00	308
TOTAL	310	6,362.11	8,019.81	466,807.00	1.2606	10,109.50	456,697.00	309

表-8 変動因ごとの回帰係数の差の検定

変動因	自由度	平方和	平均平方	F
こみにしたV内回帰の残差	309	456,697.00		
Vごとの残差の和	308	456,017.00	1,480.58	
差 = (V内回帰係数の差)	1	680.16	680.16	0.46

表-9 こみにした変動因内回帰の有意性検定

変動因	自由度	平方和	平均平方	F
YのこみにしたV内	310	466,807.00		
こみにしたV内回帰	1	10,109.50	10,109.50	6.84**
差 = (V内回帰係数の残差)	309	456,697.00	1,477.98	

表-10 修正平均値の有意差検定

変動因	自由度	平方和・積和			回帰係数 Cxy/Sx	回帰残差			
		Sx	Cxy	Sy		平方和	自由度	平均平方	F
TOTAL	311	6,435.22	12,134.60	698,476.00	22,881.70	675,595.00	310		
V	1	73.13	4,114.87	231,670.00					
RESID	310	6,362.11	8,019.81	466,807.00	10,109.50	456,697.00	309	1,477.98	
						218,897.00	1	218,897.00	148.11***

表-11 優良個体出現率

系統名	庇陰区		無庇陰区	
	地上部	地下部	地上部	地下部
耐雪山形県2号	30.8	38.5	53.8	53.8
耐雪山形県3号	15.4	38.5	38.5	61.5
耐雪山形県4号	46.2	38.5	69.2	15.4
耐雪山形県5号	23.1	46.2	53.8	61.5
耐雪山形県10号	15.4	7.7	53.8	38.5
耐雪山形県12号	15.4	30.8	15.4	7.7
耐雪山形県24号	30.8	46.2	84.6	23.1
耐雪山形県51号	15.4	23.1	46.2	46.2
耐雪山形県52号	46.2	53.8	15.4	53.8
耐雪山形県53号	46.2	38.5	61.5	76.9
耐雪山形県58号	38.5	30.8	38.5	38.5
耐雪山形県61号	7.7	38.5	15.4	23.1

注：単位cm

表-12 不良個体出現率

系統名	庇陰区		無庇陰区	
	地上部	地下部	地上部	地下部
耐雪山形県2号	23.1	0.0	15.4	0.0
耐雪山形県3号	0.8	7.7	15.4	0.0
耐雪山形県4号	15.4	0.0	30.8	15.4
耐雪山形県5号	23.1	0.0	30.8	0.0
耐雪山形県10号	23.1	7.7	15.4	0.0
耐雪山形県12号	30.8	0.0	38.5	0.0
耐雪山形県24号	23.1	15.4	7.7	0.0
耐雪山形県51号	23.1	15.4	30.8	0.0
耐雪山形県52号	23.1	0.0	46.2	7.7
耐雪山形県53号	15.4	7.7	30.8	0.0
耐雪山形県58号	15.4	0.0	46.2	7.7
耐雪山形県61号	7.7	15.4	53.8	0.0

注：単位cm

庇陰区全体の不良個体の出現率は平均5.8% (95%信頼区間: 2.4~10.7%)、無庇陰区全体の不良個体の出現率は平均2.6% (95%信頼区間: 0.7~6.4%)であり、不良個体の出現率は庇陰区と無庇陰区の間に有意な差が認められなかった。系統ごとには、庇陰区全体の不良個体の平均出現率よりも大きい不良個体出現率を示した系統は、耐雪山形県3、10、24、51、53および61号の6系統であった。

これらの結果から、苗木の健全性で耐陰性の大きい系統、すなわち複層林下木として適するとみられる系統は、地上部形質と地下部形質のいずれも優れている耐雪山形県2、4および52号の3系統であった。逆に、苗木の形態からみた健全性で耐陰性の小さい系統、すなわち複層林下木として避けるべきとみられる系統は、耐雪山形県3、10、12、24、51、53および61号の7系統であった。

5. 耐陰性の総合評価

複層林の下木として適する系統とは、当然耐陰性の大きい系統であるが、それらは生長量と健全性の両面で優れていなければならないと考える。この点から、複層林下木として適するとみられる系統は耐雪山形県4号であった。逆に、生長量または形態からみた健全性のいずれかが劣り複層林下木として避けるべきとみられる系統は耐雪山形県3、5、10、12、24、51、53および61号の8系統であった。

IV お わ り に

無作為に選抜した雪害抵抗性クローンを母系とする12系統について人工庇陰による耐陰性試験を行い、複層林下木として適するとみられる1系

統、複層林下木として避けるべきとみられる8系統を特定した。しかし、これはあくまで人工庇陰下における植栽から3~4生長期経過時までの評価であるため、以後の生育に関して次代検定林等からの情報に十分注意をはらわなければならないと考える。また、人工林の造成にあたっては、数少ない系統に依存することはきわめて危険である。よって、積雪地帯の複層林造成に適した雪害抵抗性系統を数多く選抜する試験を継続する必要がある。

V 引 用 文 献

- 池本隆 (1979) 制限された照度下におけるすぎ耐陰性プラス木の成長. 鳥取県林業試験場研究報告22: 12~18.
- 小野瀬浩司 (1991) スギ人工林内外の積雪 (I) 林内と林外の積雪深. 山形県立林業試験場研究報告20: 31~43.
- 小野瀬浩司 (1992) スギ精英樹系統の耐陰性試験. 山形県立林業試験場研究報告22: 53~70.
- 河原輝彦・鈴木健敬・斎藤勝郎 (1983) 人工庇陰がスギ、ヒノキの生長に及ぼす影響. 農林水産省林業試験場研究報告323: 135~138.
- 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会 (1992) 精英樹等の耐陰性検定共同試験報告書. 80pp, 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会
- 田辺紘毅 (1989) 精英樹の耐陰性検定に関する試験. 広島県林業試験場研究報告20: 1~12.
- 福島勉 (1984) スギ精英樹6クローンの生長に及ぼす人工庇陰の影響. 島根県林業試験場研究報告35: 11~16.

論文

ツキノワグマによるスギ剥皮害の防除技術

齊藤 正一

The technic of protection of Sugi (*Cryptomeria japonica*.) from debarking
by Japanese black beares (*Ursus thibetanus*.)

Shoichi SAITO

(1999年12月2日受理)

要旨：山形県南部を中心に発生しているツキノワグマによるスギ立木の剥皮害の防除方法はこれまで確立されていないため、被害の特徴に基づく実用的な防除方法を開発し、防除技術を検討した。

その結果、①忌避剤(ヤシマレント)を立木の山側地際に塗布する方法は、毎年忌避剤を塗布することで、完全ではないものの被害を防止できる。②荒縄を地際に三重巻きする防除方法は、被害を3年間防止でき、簡易で環境負荷が少ない。③20年生程度の林分で保育間伐や枝打ちを実施し、作業で発生した幹や枝を山側地際に集積する方法は、約5年間被害防止できる可能性が高く、育林と防除の両作業を面的に実施できる。④現実林分での防除にあたっては、対象となる林分の位置や形状、林齢等に配慮し、今回開発した防除方法それぞれの特徴を生かして活用すれば被害回避には有効な防除技術となる。

I はじめに

山形県内には本州最大の野生獣類であるニホンツキノワグマ(*Ursus thibetanus*.)以下クマ)が約1,400頭生息しており(山形県:1982, 1987, 1992, 1997)、近年、県南部の壮齢のスギ林を中心に、クマが健全なスギ立木の皮を剥ぐ被害が局所的に多発している。山形県では1964年から米沢市で発生した剥皮害を森林被害として報告しており(今野ら:1969)、山形県内における1999年までのスギの剥皮害は、米沢市・山形市・上市市・天童市・東根市・高島町・川西町・朝日町・真室川町・最上町・小国町・朝日村の計12市町村で発生している。これまでの被害は約60ヶ所、被害面積は約100ha以上と推定され、年間約20ヶ所以上で約5ha、120m³、500本のスギ立木が被害を受けている。被害は生長が良好な立木に集中する上、一度被害を受けた林分では、毎年累積して発生することから、森林経営上の損傷は大きい。また現在、被害地は奥地林を中心に局所的な被害にとどまっているが、今後伐期を迎える奥地の基

幹的な団地造林地における被害の発生が危惧されることも含めて、被害の早急な回避のための、実用的な防除方法の開発が望まれている。

本研究においては、クマによるスギ剥皮害の原因が未確定なことから、クマの剥皮害の特徴である、単木的には山側地際から剥皮害が発生していること(齊藤:1996)をもとに実用可能で比較的安価な防除方法を開発し、これを活用した防除技術について検討したので報告する。

なお、本研究は平成8～11年度の国庫・情報活動システム化事業「野生獣類に係る森林被害防除法の開発並びに生息数推移予測モデル確立のための基礎調査」により行った。

II 剥皮害の原因とこれまでの防除方法

1. 剥皮害の原因

被害防止の対策には原因究明が必要である。そこで、これまでの剥皮の原因に関する諸説についてあげると、①春に食物が不足した時に飢えをしのごためとする説、②剥皮がテリトリーを示すと

いう説がある（四手井ら：1976）。最近の調査をもとにした剥皮害の原因については、③渡辺（1976）は、クマの生息地である天然林の伐採に伴い、クマが造林地を住み家と食糧の場としたために造林木に被害を与えたとし、④吉村ら（1982）は、被害地のスギには α -pinenが樹皮中に多く含まれているためクマがこれに誘引されることを報告している。また、⑤山田ら（1992）は、剥皮される時期は立木の生長が良く、かつ物理的にも剥皮しやすいという形成層にはショ糖などの単糖類が比較的多くなっていることを報告している。しかし、これらは剥皮の原因を全て普遍的に究明したものとはなっていないのが現状である。よって、被害原因を究明した後に防除方法を開発するのは現在のところ困難と判断される。

2. これまでの防除方法

剥皮害の防除方法について従来より考案されてきたものは、①狩猟（ライフル）やクマ檻による捕殺、②枝打ち・除間伐等の保育管理の徹底、③クマの油や忌避剤の使用等である。特に狩猟や檻による捕殺は最も手軽で有効であるとされているため広く行われているが、クマの捕殺が必ずしも被害の低下につながらないとする報告もあり（山中ら：1991）、決定的な防除方法は現在ない。

しかし、作業性と防除効果が完全ではないものの一応の効果が期待できるのは、山中ら（1991）が考案したポリエチレンテープを造林木1本ずつ巻き付ける方法である。滋賀県では1995年度に動物剥皮害防除（クマ剥ぎ被害対策）事業としてテープ巻きを実施している（高橋：1996）。このように被害拡大を早急に防止する上からも、現時点で実用可能かつ安価な防除方法の開発が求められている。

本報告では実用的な防除方法を開発するにあたって、剥皮原因が不確定なことから、クマの加害特徴をふまえて、作業が簡易で、完全な防除ではないにしても守りたい立木や林分を決めて守る方法を検討する必要があると考えた。

そこで具体的な防除方法の開発にあたっては、①忌避剤（チウラム剤）、②荒縄、③森林施業（枝打ちや間伐）を利用することとし、これらによる防除試験を現実の被害林分において実施することにした。

III 剥皮害の防除試験の方法

防除試験は忌避剤、荒縄、森林施業の3種類について実施し、試験地と試験内容も多様になるため、試験名、試験地名、試験地の林況、試験区面積等を試験地一覧として整理し、表-1に示した。

1. 忌避剤による防除試験

カモシカやノウサギなどの野生動物に対する林業用の忌避剤のうち、取扱いが簡単で作業性のよいペースト状のチウラム剤のヤシマレント（ヤシマ産業製：ビスジスルフィド25%）を用いて被害地での被害防止の可能性について試験した。

この忌避剤は動物の粘膜に対する刺激作用や中枢神経制御作用が忌避効果に関与するとされている（草野：1996）。筆者は、動物園の飼育中のクマに対してスギ丸太に本忌避剤を塗布し、放飼場に放置して5時間観察した。その結果、剥皮される時間が他の忌避剤や無処理と比較すると遅く、剥皮の程度も低いことを報告している（斉藤：1998）ため、本忌避剤は被害防止の可能性が高いものと判断された。

そこで試験は本忌避剤を用い、単木を守る方法と林分全体を守る方法を2通り想定して実施した。また、忌避剤は高価なため作業方法を工夫して使用量を減量できるかも功程調査を含めて検討した。

なお、筆者はこれまで本忌避剤の被害防止の可能性について報告しており（斉藤：1998）、本報告はこの継続試験結果を加えて効果を検討することにした。

1) 区域内全木環状処理による防除試験

対象となる立木全ての被害防止の可能性を検討するために、被害が累積して発生している高島町二井宿地区（二井宿①試験地）のスギ林を試験地とした。試験区は忌避剤処理区と無処理区が隣接するようにし、各試験区とも面積は0.1haとした。試験地の林齢及び試験区内立木本数は、27年生で処理区102本、無処理区99本であった。

忌避剤の処理方法については、クマによるスギ立木の剥皮はほとんどが地際から始まることが明らかになっており（斉藤：1996）、クマに剥皮のきっかけを与えないため、処理区内の全立木に対して立ち膝で作業ができる地上30cmの位置に忌避剤を幅5～10cm程度で環状に塗布した。忌避

表-1 試験地一覧

試験名	試験地名	処理区分	設置当時 林齢(年)	試験区 面積(ha)	処理年 (年)	立木本数 (本)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)
1. 忌避剤処理								
1) 区域内全木忌避剤環状処理	高島町	薬剤処理	24	0.10	96・97	102	21.6	11.0
	二井宿①	無処理		0.10		99	24.4	13.1
	高島町	薬剤処理	26	0.10	98・99	102	25.2	13.5
	二井宿①	無処理		0.10		99	26.1	14.6
2) 区域内全木忌避剤山側処理	米沢市	薬剤処理	22	0.10	98・99	72	25.0	12.9
	関	無処理		0.10		76	23.6	12.0
	米沢市	薬剤処理	24	0.04	98	53	17.8	13.2
	白布①	無処理		0.04		43	17.4	12.2
3) 区域内縁木忌避剤山側処理	高島町	薬剤処理	35	0.60	97~99	250	32.6	24.1
	二井宿②	無処理		(0.65)		(187)	(30.4)	(22.8)
2. 荒縄三重巻き処理								
区域内全木	高島町	荒縄三重巻き	20~46	0.14	96~98	134	25.2	13.5
荒縄巻き処理	二井宿③	無処理		0.14		156	26.1	14.6
3. 森林施業利用処理								
1) 区域内枝打ち後全木枝の山側堆積処理	高島町	枝打後山側集積	23	0.10	97~99	156	19.2	10.7
	二井宿④	無処理		0.10		147	18.8	10.7
2) 区域内保育間伐枝打後全木幹と枝の山側堆積処理	米沢市	間伐と枝打後山側集積	20	0.04	98・99	53*	16.9*	9.6*
	白布②	無処理		0.04		56*	16.2*	9.3*

注) 1. 区域内縁木忌避剤山側処理試験における無処理区は処理区の区域から約10m以内にあるスギ立木を対象とし、区域設定はしていないので参考値を()で示した。
 2. 区域内保育間伐と枝打後全木幹と枝の山側堆積処理試験における試験区内の立木本数、胸高直径、樹高は、保育間伐後の数値*を示した。

剤の処理時期は、山形県においてはクマによる剥皮害の発生時期はおよそ6~8月末までである(齊藤:1996)が、消雪時期により剥皮開始が若干変動することが予想されたため、消雪が遅れた1996年は6月13日、消雪が早かった1997年は5月29日とした。また忌避剤の効果確認は、忌避剤の効果が無くなる約3ヶ月後の、1996年は9月13日、1997年は8月29日とした。

2) 区域内全木山側処理による防除試験

区域内全木環状処理の結果を踏まえて、忌避剤の使用量を減じてコスト削減を図るために、処理区内の全立木の忌避剤処理を地上30cmの位置に幅5~10cm程度で山側のみ樹幹約半周に塗布した。

試験地は被害が累積して発生しているスギ林分を対象とし、環状処理試験を行った二井宿①試験地を継続して使用したほか、米沢市関地内(関試験地)と米沢市白布地内(白布①試験地)のスギ林の計3ヶ所とした。試験区は忌避剤処理区と無

処理区が隣接するようにした。新たな試験地の林齢及び試験区の面積と立木本数は順に、関試験地が22年生で処理区0.10ha、102本、無処理区0.10ha、99本であり、白布①試験地は24年生で処理区0.04ha、53本、無処理区0.04ha、49本であった。

忌避剤処理は1998年5月29日、忌避剤の処理効果の確認は約3ヶ月後の8月31日に実施した。なお、二井宿①試験地と関試験地では、薬剤効果の再現性を確認するために1999年も試験を継続し、1999年5月29日処理、8月31日確認とした。

3) 区域内縁木山側処理による防除試験

忌避剤の使用量を減じて作業を軽減し、林分全体の被害を防止する方法として、試験区の林縁木のみ忌避剤を塗布して検討した。

試験地は、沢沿いに面した比較的まとまった面積のスギ林で、クマによるスギ剥皮害が継続して発生する高島町二井宿地内の二井宿①試験地から約4km離れた山腹の37年生の林分とした(二井宿②試験地)。忌避剤処理区の面積は0.6haで、立

木本数は250本、試験区の内縁木2列程度を目途に立木本数の36%にあたる91本を対象として2)の方法と同様に忌避剤を山側のみに塗布した。また無処理の対照区は、忌避剤処理区の外縁約10m以内のスギ立木とし、面積は約0.65ha、立木本数は187本であった。

忌避剤処理は1997～1999年ともに5月29日とし、効果確認は処理後忌避剤の効果が無くなる3ヶ月経過した8月末日に1997～1999年とも実施した。

2. 荒縄巻きによる防除試験

対象となる立木全てを簡易かつ安価、作業性のよい方法で被害を防止できるかを検討するため、市販の荒縄（ワラ製）を用い、被害地において試験した。

荒縄の使用については、ある幼齢林の雪起こし作業で幼齢木を起こすために隣接する壮齢の被害林のスギ立木の根元に荒縄を巻き付けたものは被害が無く、巻き付けられていないものに被害が発生していたことを参考にした。

試験は、単木を守る方法を想定し、巻付けた荒縄の耐久年数についても調査して、低コストの防除が可能かを功程調査を含めて検討した。

試験地は、被害が累積して発生している高畠町二井宿地区（二井宿③試験地）のスギ林とした。試験区は荒縄三重巻き処理区と無処理区が隣接するようにし、各試験区とも面積は0.1haとした。各試験区の林齢及び立木本数は、23～49年生で処理区134本、無処理区156本であった。

荒縄巻きの処理方法については、クマによるスギ立木の剥皮はほとんどが地際から始まっていることが明らかになっており（斉藤：1996）、忌避剤の試験同様にクマに剥皮のきっかけを与えないようにし、処理区内の全立木に対して地上30cmの位置に二分（直径約7mm）の荒縄を三重巻きした。荒縄巻きの処理時期も忌避剤試験同様の剥被害の始まる前の、1996年の6月13日とした。また、効果確認は試験地設定年から3年間剥被害終了時期の8月下旬から9月上旬に実施した。

なお、筆者はこれまで荒縄三重巻きによる被害防止の可能性について報告しており（斉藤：1998）、本報告はこれを継続試験した結果を加えて効果を検討することにした。

3. 森林施業によるスギ剥被害の防除試験

林業本来の育林作業を実施する際に防除を兼ねた方法が実施できれば、スギ林の育成と被害防止が同時に可能になる。

これまでの調査から被害は20年生くらいから発生することが明らかになっており（斉藤：1996）、この林齢におけるスギ林での保育作業は、①形質不良木や被圧木を伐倒する保育間伐や②材質劣化防止のための枝打ち作業がある。これらの作業によって大量の樹幹や枝が林内に放置されるので、これらを利用した防除方法を考案した。また、被害が発生する現実林分における20年生程度の県内のスギ林分での保育作業の組み合わせとして、①初回の保育間伐は終了しこれから枝打ちする場合と②初回の保育間伐と枝打ちをこれから実施する場合を想定して試験することにした。

1) 枝打ち後に枝の堆積物を山側に集積する防除試験

筆者はこれまでスギ剥被害林分の被害実態調査において、被害発生林分の立地環境を分析した際に、「樹高に対する枝下高比が小さく、暗い立地環境の林分」に被害が多く発生することを明らかにしている（斉藤：1995）。さらに、この特徴を生かした防除については、人為的に林内環境の改変が可能な方法として枝打ちの活用を提案している（斉藤：1996）。

クマの剥被害が山側を主に地際から被害が発生していることと併せて、初回の保育間伐が終了し、これから枝打ちする林分において、枝打ちで発生した枝の堆積物（以下枝堆積物）を利用することで被害防止が可能か検討することにした。

試験地は、被害が累積して発生している高畠町二井宿地区（二井宿④試験地）にある初回の保育間伐が林齢18年時に実施されたスギ林とした。試験区は、区域内の全木に対して枝打ちを実施した後、全木の山側に枝堆積物を集積した処理区と枝打ちを実施しない無処理区とし、両試験区は隣接するように配置し面積は各々0.1haとした。試験地の林齢は23年、試験区内立木本数は処理区156本、無処理区147本であった。

具体的な方法は、通常枝打ち同様に力枝まで枝を打ち上げ、作業で発生した枝を山側に集積し、剥皮のきっかけを与えないようにした。枝打ち等の作業は剥被害の始まる前の1997年の4月24日とした。また、効果確認は試験地設定年から3年

表-2 忌避剤を林内の全木に環状処理した際のスギ剥皮害本数と被害率

試験地	処理区分	試験区内 立木本数(本)	処理本数 (本)	被害本数(本)			被害率(%)		
				96年	97年	計	96年	97年	計
高島町	全木忌避剤環状処理	102	102	0	0	0	0	0	0
二井宿①	無処理	99	-	1	2	3	1.0	2.0	3.0

間、剥被害終了時期の8月下旬に実施した。この際に山側に集積した堆積物量の変化を把握するために、堆積物を両手で握って何把になるかも測定した。

なお、筆者はこれまで枝打ちを利用した被害防止の可能性について報告しており(齊藤:1998)、本報告はこれを継続試験した結果を加えて効果を検討することにした。

2) 保育間伐と枝打ち後に幹や枝の堆積物を山側に集積する防除試験

初回の保育間伐と枝打ちをこれから実施する林分における被害回避が可能か検討することにした。

本試験では、これまで通常作業では放置されてきた保育間伐で発生する幹や枝の堆積物(以下幹枝堆積物)と、その後実施する枝打ちで発生する枝堆積物の両者を活用することとした。

試験地は、被害が累積して発生している米沢市白布地区(白布②試験地)のスギ林とした。試験は、まず処理区と対照区ともに通常県内の保育間伐作業で実施されている形質不良木と被圧木の伐倒を実施した。次に処理区においては、伐倒木を枝払いし、樹幹を約1mに玉切り、その後残存木を力枝まで枝打ちした。そして、林床に散在する幹枝堆積物を処理区内の全木を対象に山側に集積した。一方、対照区では通常の保育間伐の作業どおり伐倒木は枝払いせず、伐倒した場所で2m程度に切断しそのまま放置した。両試験区は隣接するように配置し、面積は各々0.04haとした。試験地の林齢は20年、試験区内の間伐後の立木本数は処理区53本、対照区56本であった。

保育間伐及び枝打ち作業は剥被害の始まる前の1998年の4月15日とし試験地を設置した。また、効果確認は試験地設定年から2年間剥被害終了時期の8月下旬に実施した。この際に山側に集積した堆積物量の変化を把握するために、堆積物を両手で握って何把になるかも測定した。

4. 防除方法の活用の検討

各防除方法の防除効果、コスト、作業行程を比

較し今回開発した方法として最良の防除方法を探索し、各防除方法の現実林分での活用についても検討した。

IV 結果と考察

1. 忌避剤による防除効果

1) 区域内全木環状処理による防除効果

表-2に忌避剤を林内の全木に環状処理した際のスギ剥皮害の被害本数と被害率について示した。

試験地における被害本数と被害率(()書きとし以下同様)は、忌避剤処理区では102本中96年、97年ともに無被害(0%)であったが、無処理区では99本中96年は1本(1.0%)、97年は2本(2.0%)、合計3本の被害が発生したことから、本忌避剤の塗布が剥皮害の防止につながる可能性があるものと示唆された。

しかし、忌避剤は高価なため、実用的な防除方法にするには、忌避剤の使用量を減じて、コストと作業の軽減を図る必要があると考えられた。そこで、スギ立木の山側に被害発生頻度が高いという特徴をもとに、山側のみに忌避剤を塗布する試験を実施することにした。

2) 区域内全木山側処理による防除効果

表-3に忌避剤を林内の全木に山側処理した際のスギ剥皮害の被害本数と被害率、表-4に表-3で記載した98年の3ヶ所の試験地での処理間の被害率をANSCOMBEの方法で逆正弦変換し、分散分析法により分析した結果を示す。

二井宿①・関・白布①各試験地における98年の被害本数と被害率は、忌避剤処理区では順に、試験区内立木に対してそれぞれ、102本中0本(0%)、72本中1本(1.4%)、53本中0本(0%)であった。一方、無処理区では、99本中4本(4.0%)、76本中11本(14.5%)、49本中12本(24.5%)であった。処理区でわずか1本の被害が発生したものの、無処理区との被害率の分散分析結果は有意であった(有意水準5%)。

また、翌年の99年でも試験を継続した二井宿

表-3 忌避剤を林内の全木に山側処理した際のスギ剥皮被害本数と被害率

試験地	処理区分	試験区内 立木本数(本)	処理本数 (本)	被害本数(本)			被害率(%)		
				98年	99年	計	98年	99年	計
高島町	全木忌避剤山側処理	102	102	0	0	0	0	0	0
二井宿①	無処理	99	-	4	4	8	4.0	4.0	8.1
米沢市	全木忌避剤山側処理	72	72	1	0	1	1.4	0	1.4
関	無処理	76	-	11	4	15	14.5	5.3	19.7
米沢市	全木忌避剤山側処理	53	53	0	-	0	0	-	0
白布①	無処理	49	-	12	-	12	24.5	-	24.5

表-4 全木忌避剤山側処理の被害率に関する分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
処理間	392.04	1	392.04	9.16*
処理内	171.12	4	42.78	
全体	563.16	5		

注) 1. *は有意水準5%

2. 表-3の98年の3ヶ所の被害率を逆正弦変換した数値を分散分析した

①と関の両試験地での被害本数と被害率は、忌避剤処理区では順に102本中0本(0%)、72本中0本(0%)であったが、無処理区では99本中4本(4%)、76本中4本(5.3%)となった。これは、無処理区で被害は発生するものの、忌避剤処理区では無被害もしくは少数の被害となる傾向を再現していると考えられた。このように、被害率を逆正弦変換し処理間で分散分析する手法は忌避剤の効果を判定する指標として現地の実態を反映するのに有効と考えられることから、被害率の分散分析結果を今後本報告では処理に対する防除効果の指標として活用することとする。

試験結果から、地際付近に塗布した忌避剤の薬剤効果が剥皮のきっかけをクマに与えにくいものにしたと考えられた。よって、忌避剤を区域内の全木に対して山側処理する方法は、完全な被害防止にはならないものの、忌避剤を塗布した立木は大多数被害を防止できることが明らかになった。

また、忌避剤を山側のみ使用しても被害をほとんど回避でき、環状に塗布処理した時と同様の忌避効果が得られると考える。

3) 区域内縁木山側処理による防除効果

表-5に忌避剤を区域内縁木に山側処理した際のスギ剥皮被害の被害本数と被害率、表-6に表-5で記載した3ヶ年の被害率をANSCOMBEの方法

で逆正弦変換し、分散分析法により分析した結果を示す。

試験地における被害本数と被害率は、忌避剤処理区では250本中、97年0本(0%)、98年1本(0.4%)、99年1本(0.4%)の計2本であったのに対して、周囲10m以内の無処理区では187本中、97年5本(2.7%)、98年11本(5.9%)、99年9本(4.8%)の計25本であった。前述の忌避剤を区域内全木山側処理した時と同様に、処理区では数本の被害は発生するものの、無処理区との被害率の分散分析結果は有意であった(有意水準1%)。このように、守りたい区域を決めて、区域内縁木に忌避剤を山側処理する方法は、完全な被害防止はできないものの、区域内立木の大多数の被害を防止できることが明らかになった。

2. 荒縄巻きによる防除効果

表-7に荒縄を林内の全木に三重巻きした際のスギ剥皮被害の被害本数と被害率、表-8に表-7で記載した3ヶ年の被害率をANSCOMBEの方法で逆正弦変換し、分散分析法により分析した結果を示す。また、表-9に、スギ立木に三重巻きした荒縄の状況の推移を示す。

試験地における被害本数と被害率は、処理区で134本中96年、97年、98年の3ヶ年ともに無被害(0%)であったが、無処理区では156本中96年は2本(1.3%)、97年は4本(2.6%)、98年は5本(3.2%)で合計11本の被害が発生し、処理区と無処理区との被害率の分散分析結果は有意であった(有意水準1%)。

また、荒縄は2年までは全木切れずに残り、3年目の剥皮害終了時期までには約半数しか残存しないものの、被害は3年間回避できたことから荒縄の効果は3年程度と推察される。剥皮行動に対

表-5 忌避剤を区域内縁木に山側処理した際のスギ剥皮害本数と被害率

試験地	処理区分	試験区内 処理本数		被害本数(本)				被害率(%)			
		立木本数(本)	(本)	97年	98年	99年	計	97年	98年	99年	計
高島町	内縁木忌避剤山側処理	250	91*	0	1	1	2	0	0.4	0.4	0.8
二井宿②	区域外縁木無処理	187	-	5	11	9	25	2.7	5.9	4.8	13.4

注) 1. 内縁木忌避剤山側処理区の処理本数91*(本)は0.6haの区域の内縁木2列程度を処理した数値で試験区内立木本数の約31%にあたる。
2. 区域外縁木無処理区は処理区の区域外約10m以内にあるスギ立木を対象とし、区域設定はしていない。

表-6 内縁木忌避剤山側処理の被害率に関する分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
処理間	114.23	1	114.23	33.91**
処理内	13.48	4	3.37	
全体	127.71	5		

注) 1. *は有意水準1%
2. 表-5の3年間の被害率を逆正弦変換した数値を分散分析した

する物理的な妨害による実用化された防除方法については、これまでポリエチレンテープを樹幹に巻き付ける方法が考案され(山中ら:1991)、防除可能な年数は3年であることが報告されている(高柳ら:1992)。ポリエチレンテープは防除効果が無くなると腐敗せず林床に散在することになるが、荒縄は自然に解けて腐り林地に還元するメリットがある。

このように守りたい木を決めて、全木に対して荒縄を三重巻きする方法は、環境負荷の少ない簡易で有効な防除方法であると考えられる。

3. 森林施業による防除効果

1) 枝打ち後に枝の堆積物を山側に集積処理した防除効果

表-10に枝打ち後に枝堆積物を山側に集積処理した際のスギ剥皮害の被害本数と被害率、表-11に表-10で記載した3ヶ年の被害率をANSCOMBEの方法で逆正弦変換し、分散分析法により分析した結果を示す。

試験地における被害本数と被害率は、枝打ち作業で発生した枝を全木の山側に集積した処理区では156本中97年、98年、99年の3ヶ年とも無被害であったが、無処理区では147本中97年は2本(1.4%)、98年は1本(0.7%)、99年は2本(1.4%)で合計5本の被害が発生した。処理区と無処理区との被害率の分散分析結果は有意である(有意水準5%)が、無処理区における被害本数が少

ないが、これまでの防除試験の結果から、処理区ではほぼ無被害、無処理区で被害が発生している場合は、被害防止効果があるものと判断できるうえ、枝打ち作業は施業単位に同時かつ広い面積で実施可能なことから、20年生程度で保育間伐を終了し枝打ち作業を控えた林分での被害防止には有望な防除方法であると考えられる。

2) 保育間伐と枝打ち後に堆積物を山側に集積処理した防除効果

表-12に保育間伐と枝打ち後にその堆積物を全木山側に集積処理した際のスギ剥皮害の被害本数と被害率を示した。

試験地における被害本数と被害率は、保育間伐と残存木の枝打ち作業で発生した幹や枝を山側地際に集積した処理区においては、66本中、98年、99年ともに無被害(0%)であったのに対して、保育間伐後そのまま放置した対照区では72本中、98年は6本(10.7%)、99年は4本(7.1%)、合計10本の被害が発生した。

これまで、除伐や枝打ちの不足から剥皮害が発生することは、今野ら(1969)や久住(1973)によって指摘されているが、これら育林作業の実施による被害防止効果についての報告はない。本試験のように間伐や枝打ちで発生した幹や枝を山側に集積するという簡易な作業により、林分の保育と防除作業が実施できる可能性があることから、施業単位に面的な防除が実施できる点で有望な防除法であると考えられる。

3) 森林施業利用の防除方法で利用する枝や幹の堆積物からみた防除期限

表-13に被害林における被害木と健全木の山側地際の堆積物量の比較と、図-1に森林施業防除法により山側集積した枝や幹の集積物の減少経過について示した。

筆者は、剥皮害が山側の地際から発生していることに着目し、被害林においてスギ立木の山側の枝や幹の堆積物の量を測定した。健全木では堆積

表-7 荒縄を林内の全木に三重巻きした際のスギ剥皮害の被害本数と被害率

試験地	処理区分	試験区内		被害本数(本)				被害率(%)			
		立木本数(本)	処理本数(本)	96年	97年	98年	計	96年	97年	98年	計
高島町	全木荒縄三重巻き	134	134	0	0	0	0	0	0	0	0
二井宿③	無処理	156	-	2	4	5	11	1.3	2.6	3.2	7.1

表-8 全木荒縄三重巻き処理の被害率に関する分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
処理間	55.82	1	55.82	32.57**
処理内	6.86	4	1.71	
全体	62.67	5		

注) 1. **は有意水準1%
2. 表-7の3年間の被害率を逆正弦変換した数値を分散分析した

表-9 スギ立木に三重巻きした荒縄の状況の推移

経過年数	処理本数(本)	解けた本数(本)	引いて切れた本数(本)	引いて切れる重さ(kg)
1年目	134	0(0%)	0(0%)	平均15.0
2年目	134	0(0)	0(0)	7.4
3年目	134	62(46)	57(43)	5.4

注) 1. (%)は処理本数に対する各項目の比率
2. 引いて切れる重さはバネ秤の測定値

表-10 枝打ち後堆積物を全木の山側に集積処理した際のスギ剥皮害の被害本数と被害率

試験地	処理区分	枝下高(m)		試験区内立木本数(本)	処理本数(本)	被害本数(本)				被害率(%)				
		枝打前	枝打後			97年	98年	99年	計	97年	98年	99年	計	
高島町	枝打後枝の山側集積	3.6	5.8	156	156	0	0	0	0	0	0	0	0	0
二井宿④	無処理	3.4	-	147	-	2	1	2	5	1.4	0.7	1.4	3.4	

表-11 全木枝打ち後堆積物を山側集積処理の被害率に関する分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F
処理間	22.82	1	22.82	45.21**
処理内	2.02	4	0.5	
全体	24.83	5		

注) 1. **は有意水準1%
2. 表-10の3年間の被害率を逆正弦変換した数値を分散分析した

物の量が両手で握って一把以上あり、被害木では逆に一把未満であることを報告している(斉藤:1998)。

そこで、山側に集積した堆積物の量が一把未満になる経過年数を本防除方法の防除期限とし、試験開始年からの堆積物の量の減少経過を一次回帰式にあてはめた。ここでは、試験年数が少ないため、枝打ちのみの試験と保育間伐と枝打ちを同時に実施した試験での結果を込みにして、堆積物の量が1把未満になる経過年数を推定したところ、

$$y = 0.8829x + 5.0471$$

$$r^2 = 0.5344 \quad (p < 0.01 : \text{有意水準} 1\%)$$

yは、堆積物の量(把)

xは、経過年数(処理初年が1)

上記の一次回帰式が導かれ、y = 1となるのは、

x = 4.6であり、間伐や枝打ち作業から約5年後に被害発生のあることが推定された。

このことから、間伐や枝打ちによる幹や枝の堆積物を山側に集積処理する防除方法の限度を5年とすれば、次の間伐や枝打ちは、初回の作業以降5年間隔を目途に実施すれば被害防止につながる可能性があることが示唆された。

4. 開発した防除法の活用

これまで、忌避剤・荒縄・森林施業による剥皮害の防除効果について述べたが、この結果と併せて現地での実用化のためには、コストと工期に配慮する必要がある。そこで、これら三点について本試験で実施した防除方法を評価し、現実の林分での活用について検討してみた。

表-14に各処理方法に関して試算した経費の比較と工期を示した。なお、それぞれの防除方法を一律に比較するため、防除効果が複数年にわたるものは初期の経費をその年数で割り算出した。

1) 本試験で実施した防除法の評価

(1) 防除効果による比較

①忌避剤塗布、②荒縄三重巻き、③森林施業利用(枝打ちのみまたは保育間伐と枝打ち同時実施)の防除効果について被害率から判断すれば、これ

表-12 保育間伐後に枝打ちしてその堆積物を全木山側に集積処理した際のスギ剥皮害の被害本数と被害率

試験地	処理区分	枝下高(m)		間伐前 本数 (本)	間伐 本数 (本)	試験区 内本数 (本)	処理 本数 (本)	被害本数(本)			被害率(%)		
		枝打前	枝打後					98年	99年	計	98年	99年	計
米沢市	間伐+枝打後山側集積	1.7	4.9	66	13	53	53	0	0	0	0	0	0
白布②	間伐後集積無し	1.9	-	72	16	56	0	6	4	10	10.7	7.1	17.9

注) 1. 間伐+枝打後集積区は、被圧木・形質不良木を間伐玉切り、残存木を全木力枝まで打ち、間伐と枝打ちで発生した幹や枝を山側に集積
2. 間伐後集積無し区は、被圧木・形質不良木を間伐玉切りし、その場に放置

表-13 被害林における被害木と健全木の山側根際堆積物量の比較

区分	堆積物少ない	堆積物多い	計
被害木	135本 (70%)	59本 (30%)	194本
健全木	213 (27)	578 (73)	791
計	348	637	985

注) 1. 堆積物の多少は、両手で握った林床の堆積物が一把以上が多い、一把未満が少ない
2. χ^2 検定 $p < 0.001$
3. 本表は斉藤(1998)を改変した

まで示したとおり、順位付けすると②>③>①となる。

(2) コストによる比較

胸高直径約30cmのスギ1本当りの処理コストを合計金額で比較した。①a忌避剤全木環状が416円、①b忌避剤全木山側処理が240円、①c忌避剤内縁木山側処理が150円、②荒縄三重巻き(3年目)が64円、③a枝打後山側集積が39円、③b保育間伐と枝打後山側集積が129円となる。森林施業利用の防除方法は本来の育林作業の効果を伴ったコスト試算であるが、それぞれの効果を

分けることは困難なので、試算値をそのまま比較した。

低コストな順位は、③a>②>③b>①c>①b>①aとなり、③a枝打ち後堆積物山側集積が一位であり、次いで②荒縄三重巻き、③b保育間伐と枝打ち後堆積物山側集積、①全ての忌避剤塗布の順になり、およそ③≥②>①の順位である。

(3) 作業工程による比較

胸高直径約30cmのスギ1本当りの処理にかかる作業工程は①a忌避剤全木環状が80本/人・時、①b忌避剤全木山側処理が107本/人・時、①c忌避剤内縁木山側処理が222本/人・時、②荒縄三重巻き(3年目)が240本/人・時、③a枝打後山側集積(5年目)が40本/人・時、③b下層間伐と枝打後山側集積(5年目)が15本/人・時となる。森林施業利用の防除方法は本来の育林作業の効果を伴った工程であるが、それぞれの効果を分けることは困難なので、試算値をそのまま比較した。

工程のよい順位は、②>①c>①b>①a>③a>③bとなり、およそ②>①>③の順位である。

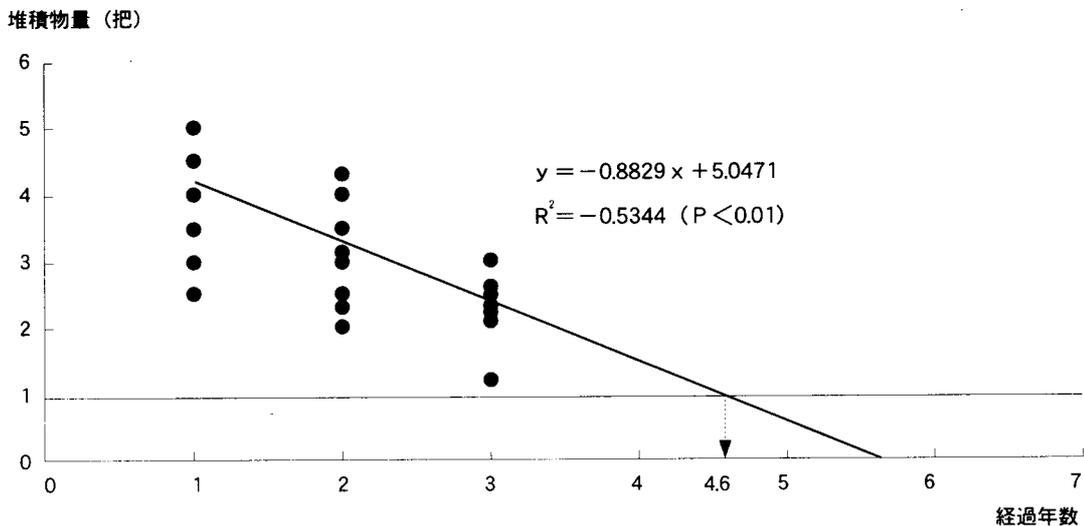


図-1 枝や幹の堆積物量の減少経過

表-14 各処理方法に関して試算した経費と工期の比較（胸高直径約30cmのスギ1本当たり）

単位：円

処 理 別	資 材 費	人 件 費	雑 費	計	工期(本/人・時)
① a 忌避剤全木環状	2,650/12=221	10,000/80=125	346×0.2= 70	416	80
① b " 全木山側	2,650/25=106	10,000/107= 94	200×0.2= 40	240	107
① c " 内縁山側	221×0.36=80	125×0.36= 45	125×0.2= 25	150	80 (222)
荒縄巻き1年目	33	125	158×0.2= 32	191	80
2年目	33×1/2=17	125×1/2 = 63	80×0.2= 16	96	(160)
② " 3年目	33×1/3=11	125×1/3 = 42	53×0.2= 11	64	(240)
枝打ち通常	-	133	133×0.2= 27	160	10
" 山側集積	-	133×1.2 =160	160×0.2= 36	196	8
③ a " 5年目	-	160×1/5 = 32	32×0.2= 7	39	(40)
保育間伐通常	-	375	375×0.2= 75	450	4
保育間伐+枝打ち山側集積	-	535	535×0.2=107	642	3
③ b " 5年目	-	535×1/5 =107	107×0.2= 22	129	(15)

注) 1. 資材費は99年の時価、人件費は10,000円/日・人、雑費は公共機関で実施することを想定して資材費と人件費の合計金額の2割とした。

2. 枝打ち山側集積や保育間伐+枝打ち山側集積の金額と工期は、保育と防除にかかる作業を同時に計上してある。

(4) 防除方法の総合的な評価

防除効果、コスト、工期の順位付けから総合的に判断すると、②荒縄三重巻きが最も簡易で効果的かつ防除効果に優れた方法であると判断された。次いで、面的に広く防除の可能性がある③森林施業を利用した方法、作業性はよいもののコストで差がついた①忌避剤塗布の順となる。

2) 現実林分での各防除方法の活用

実際の防除に際しては、前述の三種類の基準により総合的に判断するばかりでなく、守りたい林分の位置や形状、また、守りたい木の太さや足場の状況によっても選択できる防除方法が異なると判断できることから、現実林分での各防除方法の活用について検討した。

(1) 忌避剤による防除法の活用

忌避剤（ヤシマレント）については、現在クマによる剥皮害防除のための薬剤登録にかかる試験を実施中であり、使用が可能になるのは薬剤登録後となるので注意されたい。

① 全木山側処理による防除の活用

本防除方法は、1本あたりのコストが高いうえ、忌避剤塗布の作業を毎年繰り返す必要がある短所を持つ反面、作業が容易で農林業の従事者にとって薬剤を利用したいという要望も多い。そこで、本防除法は40～50年生程度の壮齢林において、付加価値の高い立木に対して利用できると考える。

② 区域内縁木山側処理による防除の活用

区域内の守りたい木のみに対する防除ではなく、0.5～1.0ha程度の沢沿いや孤立して比較的まと

まった20～40年生のスギ林において、数本の被害を受任しながらも、林分全体を守る想定で利用できると思う。

(2) 荒縄による防除方法の活用

コストが安く環境への負荷が少ない防除方法なので活用範囲は広範なものと考えますが、縄巻き作業が大径木では難しくなることから、15～40年生程度の林分を対象に、守りたい立木に対して荒縄巻きをすればよいと考える。

(3) 森林施業を利用した防除方法の活用

一般的な育林技術に加えて、作業で発生した幹や枝を山側に集積するだけでよい作業であることから、活用範囲は広範であると考えます。特に、剥皮害が始まる林齢20年前後は初回の保育間伐時期にあたることから、造林事業などで初回に実施する保育間伐と枝打ちを計画している地域では林齢15～25年で1回目を実施し、以降5年程度の間隔で間伐か枝打ちを林齢40年程度まで繰り返せば、効果的な育林と防除が面的にまとまった形で実施できるものと考えます。

V おわりに

忌避剤・荒縄・森林施業による防除方法を開発し、実際の林分での防除技術について検討した。特に立木地際に荒縄を三重巻きする方法は、簡易かつ低コストで環境負荷の少ない防除方法であることが明らかになった。しかし、各防除方法は施用初期は効果があっても、クマが防除手段に慣れ

てしまえば効果が低下することが予想される。そこで、各々の防除方法の特徴を生かして同じ方法を繰返さずに効果の期限ごとに変えたり、防除方法を組み合わせながら実施し、クマが地際付近から開始する剥皮に対する妨害に慣れないように工夫する必要もあると考える。いかに所有者が被害林に頻繁に足を運び、現在ある防除法をうまく活用するかにかかっているものと考えられる。

また、長期的な被害防止技術としては、三浦ら(1996)が指摘するように、クマの食・住環境全体を考慮した環境管理の技術についても開発が必要になるものと考えられる。

VI 引用文献

- 久住政治(1973)クマによる人工林の被害調査について. 森林防疫22: 285~288.
- 今野俊雄ら(1969)スギ林分におけるクマの被害について. 森林防疫18: 192~195.
- 草野晋平(1996)薬剤による鳥害防除. 鳥獣害とその対策. 日本植物防疫協会: 54~59.
- 三浦慎悟(1996)わが国の哺乳類の多様性とその保全. 森林科学16: 52~56.
- 斉藤正一(1995)ツキノワグマによるスギ剥皮害発生林分の立地環境と林分構造. 日林東北支誌47: 3~6.
- 斉藤正一(1996)ツキノワグマによるスギ剥皮害発生林分の立地環境と防除に関する一考察. 山形県林試研報25: 25~38.
- 斉藤正一(1997)山形県におけるツキノワグマによるスギ剥皮害発生林分の立地環境と薬剤・資材による防除の可能性(2). 林業と薬剤139: 1~7.
- 斉藤正一(1998)ツキノワグマによるスギ剥皮害防除の試み. 森林防疫47: 83~87.
- 斉藤正一(1998)枝打ちによるクマハギ防除の可能性. 日林論109: 407~408.
- 四手井綱英・渡辺弘之ら(1976)追われるけものたち. 築地書館: 208pp.
- 高橋二郎(1996)ニホンツキノワグマとの共生をめざして. 林業新知識8: 18~19.
- 山田文雄ら(1992)ニホンツキノワグマによる剥皮のスギ材質に及ぼす影響. 日林論103: 545~546.
- 山形県自然保護課(1982)ニホンツキノワグマ生息状況報告. 38pp.
- 山形県自然保護課(1987)ニホンツキノワグマ生息状況報告. 40pp.
- 山形県自然保護課(1992)ニホンツキノワグマ生息状況報告. 58pp.
- 山形県環境保護課(1997)ニホンツキノワグマ生息状況報告. 35pp.
- 山中典和ら(1991)クマハギの防除に関する研究I. 京大演習林集報22: 45~49.
- 吉村健次郎ら(1982)ニホンツキノワグマによる森林の被害と防除に関する研究. 京大演習林報52: 45~49.
- 渡辺弘之(1970)芦生演習林のツキノワグマとくにスギに与える被害について. 京大演習林報41: 1~15.

資料

プロトプラストによる一核菌糸を利用した きのこの交配例

三 河 孝 一

An example of Mates of Mushrooms using Monokaryon by Protoplasts

Kouich MIKAWA

(1999年12月2日受理)

要旨：ナメコほか4種のきのこについてプロトプラストを作成、培養後、再生一核菌糸による交配を行い、得られた交配株の特徴を調査した。①ナメコやエノキタケ、ヌメリスギタケではプロトプラスト作成時に分裂子等の混入がみられたが、遠心処理により見掛け上分裂子等を除去し、再生菌糸を得た。②再生菌糸のクランプの確認の結果、一核菌糸が得られない菌株もみられた。③得られた再生一核菌糸の対峙培養の結果、両方の核が識別されない菌株もみられた。④交配株の菌糸伸長は大部分が原菌との中間にあった。⑤ナメコの交配株の温度別原基形成調査では原菌に比べて原基形成所要日数が狭まるものがみられた。⑥ナメコの交配株およびエノキタケの交配株の形態的特徴はほとんどが原菌との中間型を示した。

I はじめに

従来、きのこの育種は野生きのこの選抜や孢子等を用いた交配により行われてきた。しかし、前者は野生きのこの発見が偶然でその収集には限界がある。また、近年山岳地帯の道路の整備とともに山奥まできのこ狩りが行われ、目的とするきのこの収集が困難となってきた。

後者は孢子を得るためには子実体を形成させる必要があるとともに、得られた一核菌糸は減数分裂を経過するため親と異なる形質を遺伝する可能性がある。

これらを補足する方法として、最近、プロトプラストの利用による育種が図られている。

この方法は子実体の形成が不用であることや得られた一核菌糸が子実体を構成する核のクローンとして取扱え、また限られた菌株を用いて変異株が作出できる。

ここでは、ナメコほか4種のきのこについてプロトプラストを作成、培養後、再生一核菌糸の交配により作出した交配株の菌糸伸長調査を行い、また交配株の一部について原基形成や形態的特徴を調査したので報告する。

II 研究方法

ナメコほか4種のきのこについて、当センター培養系により二核菌糸からプロトプラストを作成、培養した。

培養により得られた再生菌糸はクランプの有無により1核、2核を判別した。また1核の再生菌糸は対峙培養し、原菌の両核を識別した。

識別した再生一核菌糸は交配し、交配株の菌糸伸長を調査した。また一部の交配株について原基の形成温度や形態的特徴等を調査した。

1. プロトプラストによる交配株の作成

1) プロトプラストの作成、培養

当森林研究研修センター収集野生菌株を用い、酵素処理によりプロトプラストを作成した。分裂子等のみられるプロトプラスト液は遠心処理により除去し、見掛け上プロトプラストのみ培養した。

(1) 供試菌株と供試菌体

供試菌株はナメコ4菌株、エノキタケ4菌株、ヌメリスギタケ3菌株、ハタケシメジ3菌株、クリタケ4菌株を用いた。

供試菌体は各々の菌株の二核菌糸をSMY(サッカロース1.0%、麦芽エキス1.0%、酵母エキス0.4%、以下同)液体培地40mlに接種して25℃で5日間培養後、SMY液体培地20mlを加えてホモジナイザー(AM-6、7,000rpm、15sec)で切断処理、この菌体液5mlを再びSMY液体培地40mlに接種して5日間培養したものを使用した。

(2) 細胞壁消化酵素処理

細胞壁消化にはph5.5(0.1Mマレイン酸-NaOH緩衝液、ph5.5は以下同)、0.5Mマンニトール液で作成したノボザイム234の1%(エノキタケはセルラーゼオノズカR-10、2%)液を用い、菌体重に対して10倍の液量を加えた後、振とう幅5cm、振とう数60回/分の28℃の恒温槽で3時間処理し、プロトプラストを作成した。

(3) プロトプラストの培養と再生コロニー

作成したプロトプラストは血球計算盤を用い1ml当たりの個数を計測し、ph5.5、0.5Mマンニトール液で希釈培養し、再生コロニーを計測した。同時に、殺菌水でプロトプラストを破裂させ、プロトプラスト除去後の再生コロニー数も計測し、分裂子等の混入を調査した。

培養は予めシャーレ(直径9cm)に作成した下層寒天培地(SMY、ph6.0(0.1MES-NaOH緩衝液、以下同)、0.5Mサッカロース、1%寒天)10ml上に、43℃の上層寒天培地(SMY、ph6.0、0.5Mサッカロース、0.7%寒天)10mlでプロトプラスト液を拡散し、25℃で静置、培養した。

(4) プロトプラスト液の遠心処理

作成したプロトプラスト液に分裂子等が多くみられるナメコ、ヌメリスギタケ、エノキタケでは遠心処理後培養し、再生菌糸を得た。

遠心処理は予め遠沈管にph5.5、0.5Mサッカロース液(下層)5mlを注入、この上に(3)で得たプロトプラスト液1ml(中層)を注入、さらにph5.5、0.5Mマンニトール液(上層)1mlを注入後、遠心機(KS-5000P)で行った。回転数はナメコ(三河:1989)、ヌメリスギタケ(未発表)では2,500rpm、エノキタケ(未発表)では2,000rpmとし、5分間遠心した後、中層から1mlのプロトプラスト液を採取、培養した。

2) 再生一核菌糸の判定と識別、交配

プロトプラストを培養して得た再生菌糸は蛍光顕微鏡を用いてクランプの有無を調査し、クランプを有する菌糸群を2核、クランプのない菌糸群

を1核と判定した。

この判別により得られた再生一核菌糸群はPDA培地上で対峙培養後、接触部の菌糸を取り出し蛍光顕微鏡を用いクランプの有無を調査し、1核の場合は同核の一核菌糸、2核の場合は異なる一核菌糸とした。

核の相異を識別した再生一核菌糸は便宜上識別数が少ない核型をI型群、識別数が多い型をII型群とし、菌糸の伸長状態を観察後、異常のない菌糸を各型群1菌株保管し、これらをきのこ別、PDA培地に対峙培養し、交配株を得た。

2. 作成した交配株の特性調査

1) 交配株の菌糸伸長

得られた交配株の一部についてシャーレのPDA培地に接種し、菌糸の伸長を調査した。

シャーレは直径9cmを用い、予め同様のシャーレのPDA培地上に培養しておいた菌体をコルクボーラ(径5cm)で打ち抜き、再びシャーレのPDA培地に接種し、25℃で培養後、径10mm程度に菌糸が伸長してから測定した。測定は伸長した最先端部の4方向の平均とし、1菌株当たり6~7個のシャーレを用いた。

2) 交配株の温度別原基形成

ナメコの交配株の一部についておが粉培地での温度別原基形成について調査した。

おが粉培地はブナおが粉:米糠を容積比で9:1、含水率を65%とし、300mlの三角フラスコに150ml詰め、120℃で40分殺菌後交配株を接種し、23℃で90日間培養後、温度毎各4本を4℃、8℃、13℃、18℃のインキュベータで培養し、原基が形成するまでの日数を調査した。

3) 交配株の形態的特徴

ナメコとエノキタケについてそれぞれ、交配株の子実体の形態的特徴を調査した。

ナメコでは算盤玉状の形態的特徴をもった原菌と普通の形態との交配株について、菌柄径、菌柄長、菌傘長を調査した。エノキタケでは菌傘の黒色系と白色系との交配株について、主に菌傘、菌柄基部の色の黒色度合いについて調査した。

なお、ナメコで使用したおが粉培地はブナおが粉:米糠を容積比で9:1、含水率を65%とし、袋に800g詰め、120℃で60分殺菌後交配株を接種、22℃で90日培養後5℃から12℃で子実体を発生させた。また、エノキタケのおが粉培地はスギお

表-1 プロトプラストの培養例

品 種 名	菌 株	作製プロトプラスト数 (個/ml)	培養プロトプラスト数 (個)	再生コロニー数 (個)	プロトプラスト除去後のコロニー数 (個)	分裂子等混入率 (%)	修正再生率 (%)
ナメコ	P.na 13	1.80×10^7	9,000	96.0	16.0	16.67	0.889
ナメコ	P.na 13	1.33×10^7	6,563	150.7	25.5	16.92	1.908
ナメコ	P.na 13	1.04×10^7	6,690	111.2	7.0	6.29	1.558
ナメコ	P.na 13	0.79×10^7	7,400	147.0	5.4	3.67	1.914
エノキタケ	F.ve 03	0.12×10^7	10,000	23.2	13.4	57.76	0.098
エノキタケ	F.ve 03	0.32×10^7	52,600	245.5	80.5	32.79	0.314
ヌメリスギタケ	P.ad 05	1.01×10^7	20,000	61.7	6.0	9.72	0.279
ハタケシメジ	L.de 03	1.46×10^7	63,360	72.0	—	0.00	0.114
ハタケシメジ	L.de 05	1.88×10^7	118,145	50.0	—	0.00	0.042
クリタケ	N.su 05	0.14×10^7	2,700	308.5	0.33	0.11	11.413
クリタケ	N.su 06	0.60×10^7	6,000	231.6	1.32	0.57	3.838
クリタケ	N.su 07	0.68×10^7	3,400	187.9	3.13	1.68	5.378
クリタケ	N.su 16	0.56×10^7	27,900	538.0	—	0.00	1.928

表-2 交配に用いた再生菌糸の遠心処理によるプロトプラストの培養例

品 種 名	菌 株	遠心後のプロトプラスト数 (個/ml)	培養プロトプラスト数 (個)	再生コロニー数 (個)	プロトプラスト除去後のコロニー数 (個)	分裂子等混入率 (%)	修正再生率 (%)
ナメコ	P.na 12	0.13×10^6	13,000	82.0	—	0.00	0.631
ナメコ	P.na 13	0.25×10^6	25,000	76.0	—	0.00	0.304
ナメコ	P.na 20	0.10×10^6	14,000	57.3	—	0.00	0.409
ナメコ	P.na 33	0.13×10^6	13,000	27.0	—	0.00	0.208
エノキタケ	F.ve 02	0.28×10^6	27,500	43.3	—	0.00	0.157
エノキタケ	F.ve 03	0.11×10^6	11,000	13.5	—	0.00	0.123
エノキタケ	F.ve 04	0.18×10^6	36,400	29.3	—	0.00	0.081
エノキタケ	F.ve 06	3.00×10^6	10,000	15.2	—	0.00	0.152
ヌメリスギタケ	P.ad 03	0.33×10^6	33,000	37.0	—	0.00	0.112
ヌメリスギタケ	P.ad 05	0.70×10^6	20,000	61.4	—	0.00	0.307
ヌメリスギタケ	P.ad 06	0.21×10^6	21,000	17.0	—	0.00	0.081
ハタケシメジ	L.de 04	0.35×10^6	35,000	9.2	—	0.00	0.026

が粉：米糠を容積比で3：1、含水率を65%とし、800ccビンに約550g詰め、120℃で60分殺菌後交配株を接種、18℃で20日培養後菌掻、浸水し、12℃で原基を形成させ、抑制を経て子実体を発生させた。

III 結果および考察

1. プロトプラストによる交配株の作成

1) プロトプラストの作成、培養

表-1にナメコほか4種のきのこについて、作成したプロトプラスト数と希釈培養による再生コロニー数、プロトプラスト除去後のコロニー数、分裂子等混入率、修正再生率を示した。

作出したプロトプラストの1ml当たりの個数の平均は、ナメコでは 1.24×10^7 個、エノキタケでは

0.22×10^7 個、ヌメリスギタケでは 1.01×10^7 個、ハタケシメジでは 1.67×10^7 個、クリタケでは 0.49×10^7 個で、きのこの種によって作出個数に相異がみられたが、いずれの種も再生コロニーを得ることができた。

しかし、きのこの中にはプロトプラスト除去区でもコロニーの発現が確認され、再生コロニーのすべてがプロトプラスト由来のものではないことが明らかになった。とくにナメコ、エノキタケ、ヌメリスギタケなど培養中に分裂子を生じるものに発現コロニーも多く、これらの多くは分裂子等由来のコロニーと考えられた。

表-2に交配に用いた再生菌糸の培養例として遠心処理後のプロトプラスト数と希釈培養による再生コロニー数、プロトプラスト除去後のコロニー数、分裂子等混入率、修正再生率を示した。

表-3 再生菌糸の二核菌糸の判定と識別

品 種 名	菌 株	収集再生菌糸数 (株)	再生一核菌糸数 (株)	再生一核菌糸の 割 合 (%)	再生一核菌糸 識 別 I 型 (%)	再生一核菌糸 識 別 II 型 (%)
ナメコ	P.na 12	48	47	97.9	4.2	95.8
ナメコ	P.na 13	77	73	94.8	10.8	89.2
ナメコ	P.na 20	50	50	100.0	2.0	98.0
ナメコ	P.na 33	59	58	98.3	5.2	94.8
エノキタケ	F.ve 02	50	—	0.0	—	—
エノキタケ	F.ve 03	34	30	88.2	19.2	80.8
エノキタケ	F.ve 04	41	41	100.0	—	100.0
エノキタケ	F.ve 06	48	45	93.8	31.1	68.9
ヌメリスギタケ	P.ad 03	14	8	57.1	14.3	85.7
ヌメリスギタケ	P.ad 05	80	27	33.8	37.5	62.5
ヌメリスギタケ	P.ad 06	50	—	0.0	—	—
ハタケシメジ	L.de 03	54	51	94.4	—	100.0
ハタケシメジ	L.de 04	30	30	100.0	—	100.0
ハタケシメジ	L.de 03	48	25	52.1	—	100.0
クリタケ	N.su 05	37	27	73.0	20.0	80.0
クリタケ	N.su 07	48	46	95.8	23.7	76.3
クリタケ	N.su 16	65	39	60.0	—	100.0

遠心後はプロトプラストの作成時に比べてプロトプラスト数は減少するものの、プロトプラスト除去区のコロニー数は計測されず、見掛け上プロトプラストのみの再生菌糸を得た。

この方法により、再生菌糸に対する分裂子の混入を1.0%以下に押えることができる（三河：1989）が、突然変異株の作出等作成プロトプラスト数を多く必要とする場合には適切ではなく、今後さらに分裂子等の除去または分裂子等のプロトプラスト化を図る必要がある。

2) 再生一核菌糸の判定と識別、交配

表-3に得られた再生菌糸の1核の割合と再生一核菌糸の相異の割合について示した。

供試した5種のきのこの再生菌糸の1核、2核の判定の結果、大部分の菌株から1核の再生菌糸が得られた。とくにナメコではその割合が高かった。しかし、エノキタケのF.ve02やヌメリスギタケのP.ad06のように2、3回繰り返しプロトプラストを培養しても2核の再生菌糸のみで1核の再生菌糸が得られない系統もあった。

また、再生一核菌糸の識別では便宜上I型群とII型群に区別したが、エノキタケのF.ve04やクリタケのN.su16、またハタケシメジの供試3系統では2、3回繰り返し、プロトプラストを培養し再生一核菌糸を得ても、一方の核型しか識別されない系統もあった（三河：1990）。

今回は一つのプロトプラスト培養系で行ったものであるが、両交配系の出現率はプロトプラストの調整段階で既に決定されているとする報告（木内：1990）もあるので、一方の核型しか識別されない系統は再度プロトプラストの培養系について検討する必要がある。

このように、当センターの培養系においては、一部再生菌糸の収集が困難な系統、また、一方の核型しか識別されない系統がみられ、供試した5種のきのこのそれぞれすべての交配には至らなかったが、部分的に交配が可能であった（三河：1990）。

2. 作成した交配株の特性調査

1) 交配株の菌糸伸長

表-4、表-5、表-6、表-7、表-8、表-9にナメコほか4種のきのこの交配株についてPDA培地上での菌糸伸長を示した。

調査したナメコ、ヌメリスギタケ、ハタケシメジ、クリタケの交配株の菌糸伸長はすべてが親株の中間または親株よりあり、親株に比べて著しく相違するものはなかったが、エノキタケではF.ve2007のように親株に比べて著しく伸長が劣るものがみられた（三河：1990）。

これは、交配に用いたエノキタケの再生一核菌糸F.ve06-Iが、親株から得た時から他の再生一核

表-4 ナメコの交配株の菌糸伸長

交配株	信頼区間	交配系
P.na 13	18.6~19.7mm	原菌
P.na 2005	17.9~20.0	P.na12- I × P.na13- I
P.na 2006	15.8~16.7	P.na12- I × P.na13- II
P.na 2007	16.2~18.9	P.na12- II × P.na13- I
P.na 2008	16.7~17.7	P.na12- II × P.na13- II
P.na 12	16.1~17.8	原菌
P.na 2009	17.2~19.8	P.na12- I × P.na20- I
P.na 2010	18.0~18.7	P.na12- I × P.na20- II
P.na 2011	19.1~19.6	P.na12- II × P.na20- I
P.na 2012	17.2~18.3	P.na12- II × P.na20- II
P.na 20	18.6~19.7	原菌

注) 95%信頼区間、約3日間の菌糸伸長。

表-5 ナメコの交配株の菌糸伸長

交配株	信頼区間	交配系
P.na 13	24.6~31.3mm	原菌
P.na (13)	27.4~30.0	P.na13- I × P.na13- II
P.na 2001	26.7~29.9	P.na13- I × P.na20- I
P.na 2002	25.2~29.3	P.na13- I × P.na20- II
P.na 2003	28.2~30.0	P.na13- II × P.na20- I
P.na 2004	26.3~29.2	P.na13- II × P.na20- II
P.na 20	26.0~31.8	原菌
P.na (20)	26.0~31.0	P.na20- I × P.na20- II

注) 95%信頼区間、約4日間の菌糸伸長。(数字): もとにもどした交配。

表-6 エノキタケの交配株の菌糸伸長

交配株	信頼区間	交配系
F.ve 04	26.5~27.8mm	原菌
F.ve 2001	17.2~22.2	F.ve03- I × F.ve04- II
F.ve 2002	14.9~19.6	F.ve03- II × F.ve04- II
F.ve 03	11.1~12.9	原菌
F.ve 2003	16.0~21.4	F.ve03- I × F.ve06- I
F.ve 2004	26.8~28.1	F.ve03- I × F.ve06- II
F.ve 2005	11.4~14.8	F.ve03- II × F.ve06- I
F.ve 2006	22.0~27.4	F.ve03- II × F.ve06- II
F.ve 06	16.1~22.9	原菌
F.ve 2007	伸長不良	F.ve03- II × F.ve06- I
F.ve 2008	26.3~27.4	F.ve03- II × F.ve06- II

注) 95%信頼区間、約3日間の菌糸伸長。

菌糸に比べて極端に菌糸伸長が劣っていたため、F.ve2007と同様、F.ve06- I との組み合わせのF.ve2003やF.ve2005でも菌糸伸長が劣っていた。

なお、この調査はPDA培地上での菌糸伸長に限った場合で、また短い調査期間での結果であり、今後さらにオガコ培地での検討を要する。

また、ナメコではもとにもどした交配、ハタケシメジやヌメリスギタケでは再生二核菌糸につい

表-7 ヌメリスギタケの交配株の菌糸伸長

交配株	信頼区間	交配系
P.ad 03	15.4~17.3mm	原菌
P.ad 03	17.1~18.6	再生二核菌糸
P.ad 2001	22.8~25.7	P.ad03- I × P.ad05- I
P.ad 2002	19.8~21.1	P.ad03- I × P.ad05- II
P.ad 2001	21.0~21.5	P.ad03- II × P.ad05- I
P.ad 2001	19.6~20.5	P.ad03- II × P.ad05- II
P.ad 05	23.2~24.4	原菌
P.ad 05	22.0~23.8	再生二核菌糸

注) 95%信頼区間、約3日間の菌糸伸長。

数字: プロトプラスト再生二核菌糸

表-8 ハタケシメジの交配株の菌糸伸長

交配株	信頼区間	交配系
L.de 03	25.9~28.8mm	原菌
L.de 03	28.5~32.0	再生二核菌糸
L.de 2001	23.7~30.3	L.de03- II × L.de05- II
L.de 05	23.2~27.0	原菌
L.de 05	24.4~34.3	再生二核菌糸
L.de 05	24.4~26.1	再生二核菌糸

注) 95%信頼区間、約14日間の菌糸伸長。

数字: プロトプラスト再生二核菌糸

表-9 クリタケの交配株の菌糸伸長

交配株	信頼区間	交配系
N.su 05	3.0~3.4mm	原菌
N.su 2001	3.1~3.7	N.su05- I × N.su07- I
N.su 2002	3.3~3.6	N.su05- I × N.su07- II
N.su 2003	3.2~3.5	N.su05- II × N.su07- I
N.su 2004	3.3~4.1	N.su05- II × N.su07- II
N.su 07	3.7~4.2	原菌
N.su 2006	2.5~3.2	N.su07- I × N.su16- II
N.su 2008	2.9~3.3	N.su07- II × N.su16- II
N.su 16	3.1~3.4	原菌
N.su 2010	2.9~3.2	N.su05- I × N.su16- II
N.su 2012	2.9~4.0	N.su05- II × N.su16- II

注) 95%信頼区間、約6日間の菌糸伸長。

ても菌糸伸長を調査したが原菌との相違はみられなかった。また、エノキタケ(未発表)でも同様であった。

2) 交配株の温度別原基形成

表-10にナメコの原菌および交配株の温度別原基形成日数を示した。

一般に、ナメコ種菌は子実体形成所要日数に関して種々の長さをもつ菌糸集合体である(馬場崎

ら：1998)といわれている。

本調査において、原菌および交配株の多くは、原基形成所要日数は一定ではなく、その日数に幅がみられ、同様の傾向を示した。

しかし、中にはP.na2015、P.na2016のように原菌が原基を形成しにくい18℃でも原基形成が良く、また所要日数が狭まる等、原菌の形質の一部が強調された交配株もみられた。

これは、使用した原菌が野生そのもので種々の交配群の因子が混雑している可能性が強く、今回プロトプラスト化によりこれら交配群から単一細胞由来の一核菌糸を得ることにより原菌の原基形成所要日数の形質が純化され、これが交配株に表現されたものとも考えられる。

また、今回は各原菌それぞれ収集した再生一核菌糸の中から1菌株保管し、これらの交配株の特

徴を調査したが、今後は再度原菌それぞれの再生一核菌糸の収集を行い、交配組合わせによる原基形成所要日数について検討する必要がある。

加えて、ナメコの原基形成所要日数は2核の相互作用とも考えられ、原菌それぞれの2核のプロトプラスト収集により、これらの原基形成所要日数についても検討する必要がある。

3) 交配株の形態的特徴

表-11にナメコの原菌と交配株の形態的特徴を示した。

供試原菌のP.na12は菌柄径が太く、菌柄長が若干短い算盤玉状の形態的特徴をもった子実体で、P.na13、P.na20は普通の形態の子実体である。

調査の結果、P.na12とP.na13との交配株、P.na2005、P.na2006、P.na2007、P.na2008は、菌柄径は太いが菌柄長は普通で、P.na12の菌柄

表-10 ナメコの交配株の温度別原基形成日数

菌 株	4℃					8℃					13℃					18℃					
	~15	30	45	60	75日	~15	30	45	60	75日	~15	30	45	60	75日	~15	30	45	60	75日	
P.na 20	-	2	2	-	-	-	4	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-
P.na 2001	-	-	1	2	-	-	3	-	-	1	-	-	-	4	-	-	1	-	-	-	1
P.na 2002	-	-	1	2	1	-	1	-	2	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.na 2003	-	-	-	1	2	-	-	2	2	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
P.na 2004	-	-	-	4	-	-	1	2	1	-	-	1	2	1	-	-	3	-	-	-	1
P.na 13	-	1	2	-	1	-	3	-	1	-	-	1	-	3	-	-	1	-	-	-	-
P.na 2013	-	-	2	2	-	-	-	1	3	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
P.na 2014	-	-	-	-	4	-	3	1	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-
P.na 2015	-	1	3	1	-	-	3	1	-	-	4	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
P.na 2016	-	-	3	1	-	-	-	1	3	-	4	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
P.na 33	-	-	-	3	1	-	-	1	3	-	-	1	-	3	-	-	-	1	-	-	-

注) 数字：原基形成三角フラスコ数。供試三角フラスコ数：18℃のP.na 2013、2014、2015、2016と4℃のP.na 2001、2003が3本、ほかは各4本。

表-11 ナメコの交配株の形態的特徴

菌 株	生育初期 (内被膜の切れる前)			成熟時 (菌傘30mm以上)		
	菌傘径	菌柄長	菌柄径	菌傘径	菌柄長	菌柄径
P.na 13	14.4~16.8	18.8~25.3	6.5~ 8.1	41.0~49.0	38.6~42.9	7.5~ 9.1
P.na 2005	12.1~13.8	14.1~16.4	10.7~12.1	48.0~65.1	32.5~41.8	14.5~20.7
P.na 2006	12.5~15.6	15.3~17.7	10.3~12.3	44.5~53.3	39.9~46.7	16.0~18.3
P.na 2007	13.3~14.6	14.8~17.4	10.2~11.6	35.5~40.8	36.7~40.3	15.4~17.4
P.na 2008	13.3~14.9	13.9~15.6	13.9~15.7	35.5~40.8	34.3~39.0	12.3~14.2
P.na 12	13.0~14.1	14.7~16.9	11.1~12.3	34.1~37.7	23.8~26.6	16.0~18.8
P.na 2009	14.5~16.9	16.8~19.7	11.2~12.8	42.7~49.1	34.9~38.6	13.9~16.7
P.na 2010	14.9~16.8	17.2~20.5	5.1~ 6.0	36.0~40.6	33.7~38.3	5.4~ 6.8
P.na 2011	13.2~15.4	17.0~19.6	9.9~11.7	33.7~39.4	32.8~37.7	13.2~15.4
P.na 2012	12.7~14.1	18.3~21.6	6.4~ 7.7	37.5~42.3	38.7~42.9	7.2~ 8.8
P.na 20	13.7~15.3	19.4~23.2	3.9~ 4.5	32.0~35.0	39.9~47.1	4.6~ 5.2
P.na 2001	11.9~12.8	17.4~19.6	5.2~ 5.8	42.8~51.6	40.9~48.4	6.6~ 8.3
P.na 2002	16.1~19.4	22.6~28.8	6.1~ 7.3	42.3~48.8	38.6~42.5	5.5~ 6.2
P.na 2003	13.3~15.3	17.3~19.9	4.6~ 5.2	35.6~40.0	38.6~42.5	5.5~ 6.2
P.na 2004	14.6~17.6	22.0~26.0	4.9~ 6.0	34.8~39.5	36.4~40.8	5.6~ 6.4

注) 95%信頼区間、単位：mm。

表-12 エノキタケの交配株の形態的特徴

菌 株	菌傘の黒色の度合い	菌柄基部の黒色の度合い	菌柄の太さ	充 実 度	偏 平 度
F.ve 04	+	+	+	+++	+
F.ve 2001	++	+	+++	++	++
F.ve 2002	+++	+++	++	+	++++
F.ve 03	++++	++++	++++	++	++++
F.ve 2003	++	+	+	++	+++
F.ve 2004	++	++	+++	+++	+
F.ve 2005	+	+	++	++++	+
F.ve 2006	+++	+++	+	+	+++
F.ve 06	-	-	+	++	+
F.ve 2007	菌伸長不良のため測定不能				
F.ve 2008	発生不良のため測定不能				

注) 色の度合いは黒色最大を++++、最小を+とした。ただし、白色は-とした。また、菌柄の太さ、充実度、偏平度はそれぞれ最大を++++、最小を+とした。

が長い形態となった。

また、P.na12とP.na20の交配株4菌株のうち、P.na2009、P.na2011の2菌株は菌柄径が太いが菌柄長は普通で、P.na12とP.na13の交配株と同様の形態となったが、P.na2010、P.na2012の2菌株は菌柄径、菌柄長とも普通でP.na20に近い形態となった。

さらに、普通の形態どうしのP.na13とP.na20の交配株では菌柄径、菌柄長とも両菌株同様、普通の形態を呈した。

このように再生一核菌糸は原菌の形態的特徴を受け継ぎ、交配株のほとんどは原菌の中間型を示したが、核型の組み合わせによっては中間型でも形態的特徴の発現の程度に差がみられた(三河：1999)。

表-12にエノキタケの原菌と交配株の形態的特徴を示した。

供試原菌のF.ve03は野生菌株で、菌傘、菌柄とも黒色である。F.ve04、F.ve06は市販系で白色系である。交配株は黒色系と白色系との交配である。

調査の結果、交配株の子実体の形態的特徴は菌傘、菌柄基部の色はいずれも原菌との中間型で、白色の形質が強調される交配株はみられなかった。

また、菌柄の太さ、偏平度も原菌の中間型にあったが、充実度は原菌に比べてやや充実するものもみられ、再生一核菌糸の組み合わせによっては優良系統の作出も図られるものと考えられる。

IV あとがき

ナメコほか4種のきのこについてプロトプラストを作成、培養後、再生一核菌糸による交配を行い、得られた交配株の菌糸伸長並びに原基形成や形態的特徴を調査した結果、その発現はほとんどが原菌との中間型を示した。

今後は保有する原菌の核型の特徴を明らかにし育種材料として活用して行きたい。

V 引用文献

- 木内 伸行 (1990) ヤナギマツタケ培養二核菌糸からのプロトプラストの遊離、細胞壁の再生および菌糸復帰、神奈川県林試研報17:11~22.
- 馬場崎勝彦 (1998) ナメコ菌床栽培における種菌構成菌糸間の相互作用の影響、日菌学会講要:62.
- 三河 孝一 (1989) ナメコのプロトプラストの培養一分裂子の混入割合一、日本東北支誌41:244~245.
- 三河 孝一 (1990) 再生一核菌糸の識別並びに交配株の菌糸伸長結果、日本東北支誌42:213~214.
- 三河 孝一 (1999) 形態的特徴の異なるナメコ菌株の再生一核菌糸の交配例、東北森林講要:52.