

森林研究研修センター研究報告 第30号

2006年3月

目 次

- 山形県におけるニホンツキノワグマの里山地域へ …… 齊 藤 正 一 …… 1
の出没状況とその予測
- 環境保全に適したマツ材線虫病丸太のくん蒸処理 …… 齊 藤 正 一 …… 9
用の分解性シート
佐 藤 豊 治
高 橋 幸 治
石 山 新一朗
- 山形県の海岸丘陵地帯における広葉樹林復元の日 …… 伊 藤 聡 …… 21
標林型
- クロマツ実生苗木を用いた挿し木の発根促進方法 …… 渡 部 公 一 …… 29

論文

山形県におけるニホンツキノワグマの里山地域への出没状況とその予測

齊藤 正一

The situation and prediction method of appearance by Japanese Black bears
at countryside forest area in Yamagata Prefecture.

Shoichi SAITO

(2005年4月6日受理)

要旨：山形県における里山地域へのクマの出没について、その実態を把握し、出没と関連する要因解析により、これらを説明変数とするクマ出没に関する回帰式を検討した。本来クマが生息している可能性が低い里山地域での出没場所は、人家付近の森林や農地が多く、実際出没した場合は直接人身事故に結びつきやすい実態が明らかになった。また、クマの出没には積雪関連の因子と堅果類の豊凶が有意な相関関係があることから、これらを用いてクマの出没件数を予測する回帰式を導いたところ、説明変数としては、春季の出没には、根雪日数、夏・秋季の出没には豊凶指数を用いることで、クマの出没件数を推定できることが明らかになった。

I はじめに

近年、山形県だけでなく東北地方各地において、ニホンツキノワグマ (*Ursus thibetanus*. 以下クマ) が里山地域の人家や農地に出没し、農作物のみならず建物の破壊や人身被害を引き起こしている。クマは、本来森林生の野生獣類であるが、クマが生息していないような里山地域にしばしば出没することは、山村の地域住民にとっては死活上の問題である。しかし、一方では、クマは本州に生息する最大の野生動物であり、その稀少性が指摘されている。クマは狩猟獣ではあるものの、稀少な地域個体群の維持のために紀伊半島、西中国、四国、九州の各県で狩猟を禁止したほか⁽⁹⁾、2000年の「鳥獣保護法」の改正に伴い、クマの生息数が多い分布地域とされている東北地方においても、根本的なクマの保護管理について検討する必要が生じている。⁽¹⁰⁾

そこで、山形県におけるクマの出没と自然環境要因について解析し、その結果に基づいてクマの里山地域への出没の予測について検討し、山形県のクマの保護管理に関する基礎的な知見を得たの

で報告する。

II 調査方法

1. クマの出没情報と遭遇状況

山形県において、これまでクマが里山地域のどのような場所に出没し、人間と遭遇し、被害をもたらしたかを調査した。これらの情報は、正確な被害状況や遭遇の記録を公的機関がとりまとめていることから、山形新聞の1989～2000年の朝夕刊の記事を利用した。新聞記事は、クマの出没や被害の全てを網羅したものではないと判断されるが、掲載される事象は事実を反映しているものと考えられる。本県においては、クマが里山地域に出没したり被害を及ぼす現象として問題視されいながら公的に情報把握が行われなため、現段階では新聞記事によって出没や被害の傾向を把握し、これらを基に何らかの予防や対策を導き出すことが社会的に要請されている。

そこで、本報告において利用する新聞記事については、クマの行動域としては考えにくいような人家から1 km程度の範囲内における里山地域で

の出没や被害を対象とし、重複する内容の記事は1件の出没や被害に関する情報として、現地による聞き取りなどの情報や地図上での確認も含めて条件に合致するように整理し、月別年次別に出没数を集計した。

この記事の内容に基づき、出没場所を人家付近、農地、人家付近の森林に大区分し、さらにそれぞれを具体的に小区分して集計した。次に、この3区分した場所での遭遇状況と被害状況については、遭遇状況を人身被害に係わる程度別に足跡の目撃、目撃、襲われたと3区分し、被害状況を人身被害と建物・農作物被害に分けて集計した。また、クマの出没状況について親子か単独かに区分しその特徴について検討した。

2. クマの出没と関連する自然環境要因

クマの出没と関連する自然環境要因として注目したのは、比較的簡易で継続可能な現地データと既往のデータから情報が得られるものとした。具体的にはクマの住環境としての比較的大きな変化が予測される針葉樹を主体とした造林面積の推移、食環境としては、越冬前の食糧として大きなウェートを占める堅果類の豊凶と食糧の摂取や行動を制限する積雪関連・温度・降水量を解析に供する要因とした。

針葉樹の造林面積の推移については、山形県林業統計に基づき、広葉樹の伐採を伴う拡大造林と再造林に分け、1970、1975、1980、1985～2000年の面積を使用し、1970～2000年までの人工林と天然林の林種別の面積の推移の資料を活用した。

堅果類の豊凶については、山形県米沢市と西村山郡朝日町のコナラとミズナラを主とする林分とブナを主とする林分において、1㎡のシードトラップを各々3基設置し、8～11月まで月末に1度種子を回収した。豊凶の目安は、ナラ類が豊作は50粒以上/㎡、並作が10～49粒/㎡、それ未満を凶作とした。ブナは豊作が300粒以上/㎡、並作が100～299粒/㎡、それ未満を凶作とした⁽¹⁾。そして、凶作を10、並作を5、豊作を1としてナラ類とブナ類の指数の合計値を堅果類の豊凶指数とした。

気象要因については、積雪関連の因子として、山麓部にある気象観測地点のうち、県北部は真室川町差首鍋（さすなべ）、県西部は朝日村荒沢、県

南部は飯豊町高峰における、データ（午前9時の積雪深）を気象月報から得た。しかし、県中央・東部に該当する山麓部に気象庁の適切な観測点がないことから、この地域に関しては筆者が経年的に調査している朝日町長沼のデータを使用することとした。使用するデータは1989～2000年の期間のデータを用い、これら4測点の積雪関連データを平均根雪日数、平均最深積雪、4月1日からの消雪日の偏差日数（以下平均消雪日）として整理した。その他、年変動の激しい日平均気温と降水量累計については、季節毎に区分し4～6月、7～8月、9～11月の各々の累計を測点ごとにアメダスデータにより求めそれらの平均値を用いた。

また、これらの情報に加えて、山形県環境保護課より、1989年から2000年までのクマの捕殺数を狩猟と有害駆除に区分して情報を収集した。特に山形県は有害駆除において春季の駆除（通称：春グマ）を行っていることから、有害駆除の季節による区分が可能だった1995～1999年について、春季駆除と夏秋季駆除に分けることにした。

これら造林面積、気象要因（降雪・温度・降水量）、堅果類の豊凶、捕殺数に対するクマの出没数を消雪を基準に区分し、春季（4～6月）と夏秋季（7～11月）に分けて個々の単相関を求め、クマの季節別の出没に関連する環境要因を検索した。

3. 自然環境要因によるクマの里山地域への出没の予測

自然環境要因を基にしたクマの季節別の出没件数を推定するための回帰式を検討した。回帰式は、 $y=ax+b$ とし、 a と b は回帰係数、目的変数はクマの出没件数、説明変数としては気象関連の因子、堅果類の豊凶とした。これをもとに、重回帰分析を増減法により行い、寄与率の高い説明変数を決めて回帰式を導いた。

III 結果と考察

1. クマの出没情報と遭遇状況

クマは本来森林生で、その行動圏は雌雄では差があるものの26～86km²^(2, 6, 7, 8)とされており、生息域における森林内の食糧事情や季節および環境変化により大きく影響を受けることが知られている^(5, 7)。

表-1に地元の新聞に掲載されたクマの出没場所と件数を示した。1989~2000年にかけての12年間で、出没に関係する記事は116件あった。クマの出没が多く確認された場所は、人家付近の森林で49件(全体の42%)、次いで農地の42件(同36%)、人家付近25件(同22%)の順で、人家から1km程度の人家付近の森林や農地における出没が多かった。また、具体的な出没場所として多いのは、林内では山菜採りが12件、キノコ採りが10件、農地では野菜等の畑が12件、果樹園が9件、人家付近では家屋の前や小屋が12件であった。これらのクマの出没場所は、人間にとって農業や天然の特用林産物の採取の場であり人間の生活領域である。クマにとっては森林の食糧不作の場合最も主たる行動領域に近い人間の生活領域において出没が多い傾向にある。

表-2に地元の新聞に掲載された人間とクマとの遭遇状況と被害状況について示した。遭遇状況については、どの場所でも目撃が多く、人家付近の森林が27件、農地が34件、人家付近が21件と直接クマを目撃している場合が多かった。また、人間が襲われたのは林内が18件と圧倒的に多く、そ

のうち16件がケガなどの人身被害に結びついている。森林の中は、クマにとっては行動しやすく、反対に人間にとってはブッシュなど障害物が多く逃げ場のない場所となり、一度襲われればケガに結びつくことになることがうかがわれる。

図-1には月別の出没頭数について親子・単独別に示した。出没件数の特徴は、5月をピークとする春季の出没と8月以降11月までの夏・秋季の出没に大別される。また、出没形態として、親子と単独に分けた場合、過去12年間で116件の出没数合計に対して、親子グマは24件の出没で、春季が4件、夏・秋季が20件であった。単独で出没したクマは92件の出没で、春季が38件、夏・秋季が54件であった(表-3)。親子グマと単独で出没するクマでは季節により出没件数に有意な差があり($\chi^2: p < 0.05$)、親子グマは春季に比べて夏・秋季に多く出没するが、単独で出没するクマは季節を問わないことがうかがわれた。夏・秋季は、母グマが小グマの保育に伴い、奥山での食糧の不足が生じた際に里山地域に出没して、食糧を得る可能性が考えられた。

表-1 地元の新聞に掲載されたクマの出没場所と件数(1989~2000年)

項目	大区分			小区分			
	件数	比率	95%区間	項目	件数	比率	95%区間
人家付近	25件	22%	14~30%	人家(家屋・小屋・庭)	12件	48%	28~69%
				学校・公共施設	5	20	7~41
				その他	8	32	15~54
農地	42	36	35~37	野菜等の畑	12	29	16~45
				果樹園	9	21	10~37
				トウモロコシ畑	8	19	9~34
				水田	2	5	1~16
				その他	11	26	14~42
人家付近の森林	49	42	33~52	山菜採り	12	24	13~39
				キノコ採り	10	20	12~39
				道路運転中	10	20	12~39
				散策	7	14	6~27
				その他	10	20	12~39
合計	116	100					

表-2 地元の新聞に掲載されたクマとの遭遇状況と被害状況（1989～2000年）

出没場所	遭遇状況			被害状況		
	項目	件数	比率	95%区間	人身被害件数	農作物・建物被害件数
人家付近	足跡	2	8%	1～26%		2
	目撃	21	84	64～95	2	
	襲われた	2	8	1～26		
計		25	100			
農地	足跡	6	14	5～29	2	
	目撃	34	81	65～91		14
	襲われた	2	5	1～15	2	
計		42	100			
人家付近の森林	足跡	4	8	2～18		
	目撃	27	55	40～69		
	襲われた	18	37	23～52	16	
計		49	100			

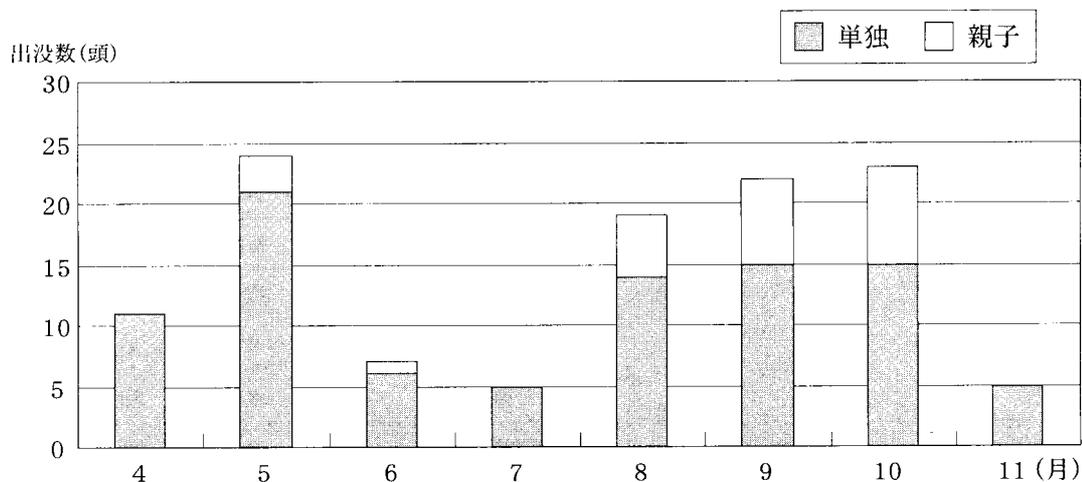


図-1 月別の単独・親子別のクマ出没数

表-3 1989～2000年の出没数区分による季節別のクマ出没数

出没区分	春季（4～6月）	夏・秋季（7～11月）	計
親子グマ	4件	20件	24件
単独グマ	38	54	92

χ^2 検定：p<0.05

2. クマの出没と関連する自然環境要因

図-2に山形県の針葉樹造林面積の推移、図-3に山形県における林種別面積の推移、表-4に1989~2000年の積雪関連因子・温度・降水量・堅果類の豊凶とクマの捕殺数・出没数の推移、表-5に1989~2000年の積雪関連因子・温度・降水量・堅果類の豊凶とクマの捕殺数・出没数の因子間の単相関を示した。

クマの食住環境としての森林の質に注目し、広葉樹林がクマにとって利用しにくいスギを主体とした造林地に転換されたか調査した。年度ごとの拡大造林の面積は、1970年が2,986ha、10年後の1980年は1,827haと1,000haも減少し、クマの出没件数を調査した1989~2000年は855haから159haへと激減している。また、林種別面積は、広葉樹を主とする天然林が1970年は201千ha（森林面積の71%）、1980年は185千ha（同64%）と若干減少したが、1989~2000年は178~173千ha（同61~59%）であり減少傾向は鈍った。このように山形県においては、広葉樹を主とする天然林面積の12%が30年間で新たに人工林に置き換わったが、30年前の拡大造林面積が多かった時期と比較すると、最近の10年間は広葉樹の伐採による造林面積は激減し、新たに人工林になったのは森林面積の約2%に過ぎない。このように、30年を単位としてみれば、巨視的には奥山の広葉樹林の伐採によってクマの生息域を狭めたことになるが、最近の10年間では大きな変化はなく、クマの出没が年変動するという事実と同調せず、広葉樹の伐採と針葉樹造林面積の増加だけを取り上げて、年次

変動するクマの出没と結び付けるのは難しい。むしろ、拡大造林期の広葉樹林の伐採と針葉樹造林はクマの生息域を奥山の広葉樹林から里山地域の方にシフトさせるという1次的な条件を作ったと考えるほうが自然であろう。

そこで、年変動する自然環境要因に注目することとした。特にクマの行動や食糧に係わると考えられる積雪・温度・降水量といった気象要因や堅果類の豊凶は、観測年により変動があり一定の傾向を示さない。これらの因子間の単相関関係において、出没数に関連して有意に相関が高い因子をみると、春季出没数は、積雪関連因子の平均根雪日数と平均消雪日（ $r=0.68, 0.58$ $p<0.05$, $n=12$ ）、夏・秋季出没数では、当年の堅果類の豊凶指数（ $r=0.58$, $p<0.05$, $n=12$ ）となっている。

クマの里山地域への出没には様々な考察がなされている。その原因としては、主に食糧としての堅果類や漿果類の豊凶や山林の開発・伐採、人家付近や山中への残飯やゴミの無秩序な投棄などが由来していると指摘されている^(3, 5)が、データに基づく科学的な解析はほとんど進んでいない状況にある。

しかし、本報告により経常的に観測されている山麓部における積雪関連因子に関する情報と森林内の簡易かつ継続的な堅果類の豊凶調査データが出没数と深い関連をもっていることが明らかになったことは、クマの科学的な根拠に基づく保護管理を推進する⁽⁴⁾うえで基礎的な情報として利用できるものと考えられる。

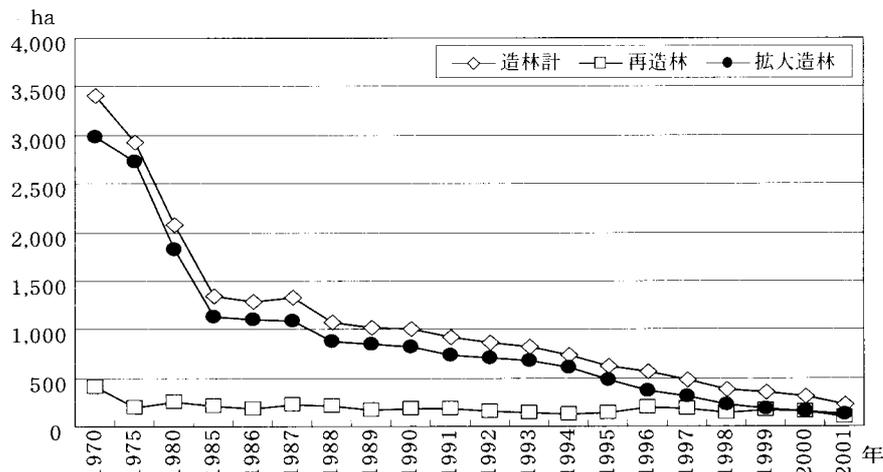


図-2 山形県における針葉樹造林面積の推移

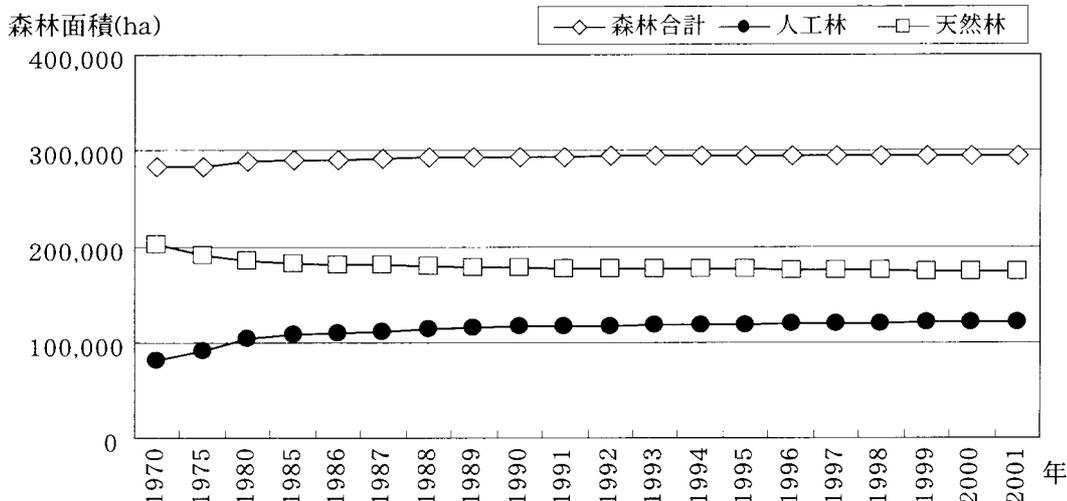


図-3 山形県における林種別面積の推移

表-4 1989~2000年の積雪関連因子・堅果類の豊凶とクマの捕殺数・出没数の推移

因子	前年消雪年 (当年)	1988 ~89	89 ~90	90 ~91	91 ~92	92 ~93	93 ~94	94 ~95	95 ~96	96 ~97	97 ~98	98 ~99	99 ~2000
4地点の平均根雪日数		122	86	108	90	118	117	126	139	101	90	101	130
” 平均最深積雪		82	115	192	120	125	183	153	211	156	144	128	219
” 平均消雪日数		-19	-23	4	-12	4	8	-1	18	-3	-4	2	14
4~6月の日平均気温累計		1166	1275	1254	1103	1087	1188	1152	1035	1195	1316	1194	1184
7~8月の日平均気温累計		1384	1382	1329	1375	1226	1514	1398	1350	1385	1363	1453	1469
9~11月の日平均気温累計		1127	1225	1130	1072	1061	1172	1037	1019	1048	1203	1173	1137
4~6月の降水量累計		382	589	484	497	534	242	401	593	558	558	448	471
7~8月の降水量累計		262	346	703	303	551	320	811	357	454	746	377	272
9~11月の降水量累計		757	666	708	556	750	559	833	562	824	656	858	643
当年のナラ類の豊凶指数		10	1	10	1	5	1	10	5	10	1	10	1
” プナの豊凶指数		10	1	10	10	1	10	1	10	10	10	10	1
” 堅果類の豊凶指数		20	2	20	11	6	11	11	15	20	11	20	2
春季有害駆除数								82	106	76	62	79	
夏秋季有害駆除数								29	81	35	37	114	
有害駆除合計数		107	77	101	96	107	127	111	187	111	99	193	124
狩猟数		32	56	22	30	54	21	55	15	27	36	43	63
捕殺合計数		139	133	123	126	161	148	166	202	138	135	236	187
地元紙掲載の春季出没数		3	2	0	0	3	3	4	7	3	0	5	12
” 夏秋季出没数		10	0	10	2	0	1	1	5	10	4	20	11
” 出没数合計		13	2	10	2	3	4	5	12	13	4	25	23

表-5 1989～2000年の気象要因・堅果類の豊凶とクマの捕殺数・出没数の因子間の単相関

因 子	春出没 (4～6月)	夏・秋出没 (7～11月)	出没数合計
①平均根雪日数	0.68*	0.04	0.32
②平均最深積雪	0.53	0.07	0.28
③平均消雪日数	0.58*	0.17	0.38
④4～6月の日平均気温累計	-0.35	0.15	-0.04
⑤7～8月の日平均気温累計	0.38	0.31	0.40
⑥9～11月の日平均気温累計	-0.18	0.13	0.03
⑦4～6月の降水量累計	-0.05	-0.04	-0.05
⑧7～8月の降水量累計	-0.40	-0.21	-0.33
⑨9～11月の降水量累計	-0.01	0.47	0.36
⑩当年のナラ類の豊凶指数	-0.07	0.53	0.38
⑪ " ブナの豊凶指数	-0.38	0.38	0.13
⑫ " 堅果類の豊凶指数	-0.29	0.58*	0.33
⑬有害駆除合計数	0.51	0.55	0.64*
⑭狩猟数	0.37	-0.08	0.10
⑮捕殺合計数	0.69*	0.52	0.70*

注) *は有意水準5%

3. 自然環境要因によるクマの里山地域への出没の予測

表-6に自然環境因子による春季と夏・秋季のクマ出没件数予測の回帰式について示した。

積雪関連因子と堅果類の豊凶指数は、季節別のクマの出没状況と有意な相関関係が認められたことから、これらを説明変数とし、クマの出没件数を目的変数とした重回帰分析を行い、クマ出没件数に関する回帰式を作成した。説明変数については、重回帰分析の増減法により、寄与率が最も高くなる要因を抽出し回帰式を求めた。

重回帰分析の結果、各々の時期において寄与率が高くなる説明変数は、春季(4～6月)が4地点の平均根雪日数で寄与率0.46($p < 0.05$, $n = 12$)、夏・秋出没(7～11月)が当年の堅果類の豊凶指数で寄与率0.35 ($p < 0.05$, $n = 12$)であった。よって出没予測の回帰式は、出没数を y 、各説明変数を x とすれば、春出没が $y = 0.1337x - 11.2974$ 、夏・秋出没が $y = 0.5292x - 0.4048$ であり、寄与率はあまり高くないものの、各々の時期

におけるおおよそのクマの出没件数を予測できることになった。

これまで、一般県民に対するクマの出没に対する情報は、ただ単にクマの出没が多い秋季などに、看板や報道機関により出没注意が喚起されていた。これからは、積雪に関する気象データにより春季のクマ出没に関する情報を提供できる可能性が高い。

しかし、夏・秋季については、堅果類の豊凶のデータから回帰式で、クマ出没数を予測することから課題が残った。クマの食物である堅果類等の豊凶予測が7月以前にできない限り、夏・秋季においてこれらの豊凶を基にした出没予測は困難であること及び7～8月末は充実した堅果類の供給がないため堅果類の豊凶のみによる7～8月期の出没を予測するには無理があることである。イチゴやサクランボなどのしょう果類の豊凶を基準としたきめ細かい予測が必要となるが、これらの豊凶予測をする技術は現在のところ無い。ブナは、前々年度の花芽の観察から結実予測ができるという方

表-6 積雪関連情報と堅果の豊凶指数によるクマ出没の予測の回帰式の検討 ($y=ax+b$)

出没区分	重回帰分析法	説明変数	回帰式の変数 a	b	寄与率
春出没 (4~6月)	増減法	4地点の平均 根雪日数	0.1337	- 11.2974	0.4633 ($p<0.05$)
夏・秋出没 (7~11月)	増減法	堅果類の豊凶 指数の合計	0.5292	- 0.4048	0.3522 ($p<0.05$)

法があり⁽³⁾、こうした技術を応用してナラ類やしょう果類の豊凶予測が可能になれば、クマの出没予測もできるものと考えられる。

夏・秋季における説明要因の研究も進めることにより、これらの情報を県庁のホームページなどに盛り込み、一般県民へ情報提供することで人身被害や農作物等の被害の予防に役立てることが可能であると考えられる。

また、この回帰式により、クマの出没を事前に予測し、情報提供することは、人間サイドの予防策の強化につながることを期待でき、不必要な有害駆除で捕殺される個体数を減ずることができると期待される。クマの保護管理に対する側面での科学的な技術として有効であると考えられる。

IV ま と め

近年増加する里山地域へのクマの出没について、その実態を把握し、出没と関連する要因について解析して、これらを説明変数とするクマ出没に関する回帰式を検討した。クマの里山地域での出没場所は、人家付近は少なく林内や農地が多く、実際遭遇した場合は林内ではほとんどの場合が直接人身事故に結びつきやすい実態が明らかになった。

また、クマの出没には積雪関連の因子と堅果類の豊凶が有意な相関関係があることから、クマの出没を予測する回帰式を導いたところ、説明変数としては、春季の出没には、根雪日数、夏・秋季の出没には堅果類の豊凶指数を用いることで、季節別にクマの出没件数を推定できることが明らかになった。

今後は、この回帰式の精度を上げることが課題となるが、春季における出没情報を早く出すためには、積雪情報について衛星データの雪線の範囲を活用する方法を取り入れることも検討する必要があると考えられる。夏・秋季における出没予測

については、堅果類やしょう果類の結実予測を確実にできる技術の開発も必要であると考えられた。また、これらの結果を有効に活用し、今後とも東北地方のクマの保護管理を科学的根拠に基づいて行う必要がある。

V 引 用 文 献

- (1) 橋詰隼人 (1987) 自然林におけるブナ科植物の生殖器官の生産と散布. 広葉樹研究 4 : 271-290.
- (2) 羽澄俊裕・丸山直樹 (1985) ツキノワグマの行動圏の構造. (森林環境の変化と大型野生動物の生息動態に関する基礎的研究. 環境庁自然保護局、東京). 64-66.
- (3) 小山浩正・今博計・寺澤和彦・八坂通泰 (2001) ブナの新しい更新技術 (I) どこでもできるブナの豊凶予測手法. 北方林業 53 : 145-150.
- (4) 米田一彦 (1998) 生かして防ぐクマの害. 192pp、農山漁村文化協会、東京.
- (5) 三浦慎悟 (1999) 野生動物の生態と農林業被害. 174pp、全国林業改良普及協会、東京.
- (6) 宮尾嶽雄 (1989) ツキノワグマ. 217pp、信濃毎日新聞社、長野.
- (7) 水野昭憲・野崎英吉 (1985) 尾添川流域におけるツキノワグマの行動域と日周期活動. (森林環境の変化と大型野生動物の生息動態に関する基礎的研究. 環境庁自然保護局、東京). 22-37.
- (8) 田名部雄一・和秀雄・藤巻裕蔵・米田政明 (1995) 野生動物学概論. 220pp、朝倉書店、東京.
- (9) 鳥居春己 (1989) 大井川上流域におけるツキノワグマの行動調査の一例. 静岡県林業技術センター研究報告 17 : 79-83.
- (10) 由井正敏・石井信夫 (1994) 林業と野生鳥獣との共存に向けて. 279pp、日本林業調査会、東京.

論文

環境保全に適したマツ材線虫病丸太のくん蒸処理用の分解性シート

斉藤 正一・佐藤 豊治*・高橋 幸治**・石山 新一朗***

The smoking agent processing of the pine wood nematode disease log using the decomposition nature sheet for environmental preservation.

Shoichi SAITO, Toyoji SATO*, Koji TAKAHASHI**, and Shinichiro ISHIYAMA***

(2005年4月6日受理)

要旨：これまでに開発された生分解性シート2種類と分解性シート2種類を用いて、マツ材線虫病丸太に対する防除効果や分解性能を比較して、本シートを用いた駆除事業における利用の可能性について検討した。その結果、駆除作業に適した新たなシートは、1999年時点より製品化されていたヤシマ産業㈱製の生分解性シートmと、2000年に開発された巴工業㈱製の分解性シートtとsであった。傾斜地など作業条件が悪い駆除作業現場での分解性シートの利用にあたっては、応分の強度が必要であり、作業性の面からはロールタイプのシートが最適であることが明らかになった。

I はじめに

マツ材線虫病（以下松くい虫）被害は、山形県内でも全域で発生しており、終息のめどはたっていない。これまで本被害に対する駆除は、カーバム系くん蒸剤によるビニール被覆処理を中心に実施されてきた。しかし、被覆に用いたビニールが現場に散乱し、景観上問題となるばかりか、残存するビニールが今後は産業廃棄物にあたる可能性もあるため、本作業に適した環境保全型の生分解性シートの検索が必要になってきた。

そこで、これまでに開発された生分解性シート2種類と分解性シート2種類を用いて、防除効果や分解性能を比較して駆除事業における利用の可能性について検討したので報告する。なお、本試験は平成12～13年度林業技術現地適応化試験として実施したものである。

本試験にあたっては、次の方々の協力を得たので心より感謝申し上げます。ヤシマ産業㈱の福井宏

氏、阿部豊氏、下之門英章氏、㈱泰陽の近藤幹雄氏からは薬剤・生分解性シートの提供と現場作業にご協力をいただいた。エヌ・ピー・シー㈱からは、生分解性シートの提供をいただいた。巴工業㈱羽鳥雅信氏、大同商事㈱内山豊彦氏からは、生分解性・分解性シートの提供と、現場作業にご協力をいただいた。

なお、本報告の一部はすでに(社)林業薬剤協会発行「林業と薬剤」に掲載されている^(2, 3)。

II 試験に使用した生分解性及び分解性シート

生分解性シートの利点は、①分解により最終的に水と炭酸ガスになるため環境負荷が少ない、②自然循環型の生産体系が組み立てられる、③回収や廃棄処理の必要が無いとされ⁽¹⁾、自然環境の大きな基盤となる森林において使用する資材等は森林生態系の維持に寄与するこうした製品が強く求められている。

* 山形県村山総合支庁 Murayama Area General Branch Administration, Yamagata Prefectural Government

** 山形県庄内総合支庁 Shonai Area General Branch Administration, Yamagata Prefectural Government

*** 山形県置賜総合支庁 Okitama Area General Branch Administration, Yamagata Prefectural Government

農業分野では経営単位が集約化されているため資材の管理や性能の確認が簡易に行えるので、生分解性シートがハウス・トンネル・マルチ資材等として近年において多数利用されるようになった⁽¹⁾。しかし、傾斜地などの森林内の現場においては、作業条件が過酷なため使用するシートには応分の強度が必要となる。1999年時点では松くい虫防除事業に適合する生分解性シートは、ヤシマ産業㈱製ミクストのみであった。このような状況下において、環境保全に対する社会的要請とあいまって、資材メーカーでは続々と性能の優れた生分解性シートの試作に取り組んでいる。幅広い素材の活用を目指して、生分解だけでなく、光や水により分子結合が緩み、肉眼では見えない程度に分解するシートも製造可能となった。そこで、本試験では、こうした試作品も加えて、松くい虫防除事業において効果的で利用可能な分解性シートを検索した。

今回試験に使用した分解性シートは1999年と2000年を通じて4種類とした。

その1は、ヤシマ産業㈱製ミクスト（以下シートm）であり、前回の試験で実用的な利用に耐える製品として確認されているので、新たなシートとの比較で用いた。このシートは、未晒（みさらし）木材パルプの特殊紙に生分解性プラスチック（ビオノーレ[®]）をラミネート加工した製品で、厚さは107 μ であり、この生分解性プラスチックは炭素、水素、酸素の各原子のみから構成されている。シートのサイズは、幅4m長さ30mのロールタイプを使用した。

その2は、エヌ・ビー・シー㈱製オーベルコンシート[®]（以下シートk）である。これは、トウモロコシ等のでんぷんを主成分とした製品で、炭素、水素、酸素の各原子のみから構成されており、厚さは100 μ で現行のビニールと大差はない。シートkは、松くい虫防除用のシートとして開発されたものではないが、今回の試験用に幅4m長さ6mのカットシートタイプとして作成したものをを使用した。

その3は、巴工業㈱が開発した「仮称：TEC（以下シートt）」である。これは、3層からなるシートで表面2層に光分解する樹脂、中間層に水分解する樹脂を使用したもので、炭素、水素、酸素等から構成されている。厚さは自由に調整でき

るため、春季は試作品として軽量で透明な60 μ のシートで分解状況と強度を確認し、冬季は強度補強のため80 μ とし色も周囲との調和を考慮して茶色とした。シートのサイズは、この試験用に幅3.6m長さ4.0mのカットシートタイプとして作成したものを使用した。

その4は、巴工業㈱が開発した「仮称：SEC（以下シートs）」である。これも、3層からなるシートで表面2層に生分解性の樹脂、中間層に水分解する樹脂を使用したもので、炭素、水素、酸素等から構成されており、厚さは60 μ とした。シートのサイズは、この試験用に幅3.6m長さ4.0mのカットシートタイプとして作成したものを使用した。

III 試験方法

1. 試験地

試験は、1999年度と2000年度に実施した。

山形県における松くい虫伐倒駆除作業は、当年枯れが発現する秋季以降と年越し枯れが発現しマツノマダラカミキリ（以下カミキリ）の羽化脱出前の春季の2季にわたって処理されている。

そこで、本試験も2季にわたって実施することとした。

1999年は、春季が内陸地方の山形県寒河江市大字谷沢地内の50年生のアカマツ被害林とし、冬季は日本海からの北西の強風下という過酷な条件となる山形県鶴岡市大字湯野浜地内の40年生のクロマツ被害林を試験地とした。春季は新たなシートの分解状況と強度を予備的に確認し、冬季は春季の結果を考慮して改良したシートにより日本海からの北西の強風を直接うける過酷な条件で試験を実施することとした。

2000年度の試験地は、日本海を望む山形県鶴岡市大字湯野浜地内の試験開始時に56年生のクロマツ被害林とした。

2. 分解性シートの性能試験

1) 処理方法

試験地内の枯死木を伐倒し1mに玉切りして、枝を下部、丸太が上部になるよう配置し1m³の集積単位を各処理区ごと3個作った。次に集積単位ごとに林業用くん蒸剤ヤシマ産業㈱製NCSを1 μ 散布した。

IV 結果と考察

被覆資材は、分解性シートと現行のビニールシート(幅3.6m長さ50mのロールタイプのポリ塩化ビニールのシート:以下ビニール)1種類とし、各集積単位を薬剤散布後速やかに被覆し、裾の部分は周囲を掘削した土壌で密閉した。最後に直径約5mmの麻縄でシートを十字に緊縛した。

1999年度において使用したシートは、春季・冬季ともシートm・k、2000年度は春季がシートm・t、冬季がシートm・t・sである。

2) 作業時間の計測と破損箇所数の調査

各シートの被覆処理にかかる時間と、作業や緊縛により生じる破損箇所数の調査を行った。

3) MITCガス濃度の調査

被覆内のMITCガス濃度は、専用の北川式ガス検知器により測定した。測定時間は、春季が薬剤処理1時間後と3時間後、冬季は薬剤処理3時間後とし、被覆内のMITCガス濃度を測定した。

4) 駆除能力の調査

駆除能力の比較のために、集積単位内から任意に抽出した丸太を50cmに切断し供試材とした。これを割材し、カミキリの生死と供試材から材片を採取してベールマン法によりマツノザイセンチュウ(以下線虫)の有無を確認した。割材・抽出用供試材の採取は、試験当日の処理前と処理2週間後、処理6ヶ月後に行った。

5) 分解及び破損状況の調査

分解及び物理的な破損状況の比較のために、被覆したシートの状況を処理後8週間は毎週、以降1ヶ月ごとに6ヶ月まで目視と触診で評価した。評価基準は、変化無し0、変色か腐朽の兆し有り1、破損開始2、破損3の4段階とした。

また、参考のために山形県寒河江市の山形県森林研究研修センター網室内の被害丸太からのカミキリの発生活長を調査し、春季におけるシートの分解状況とカミキリの発生活長との関係についても比較した。

3. シート被覆の作業性の調査

試験に携わった作業員から各シートの使用にあたっての感想を聞き取り調査した。

1. 1999年の試験結果(シートmとk使用)

1) 被覆作業時間と破損箇所数

表-1に春季と冬季における各処理ごとの被覆作業時間と破損箇所数を示した。作業時の天候は、春季が晴天・気温25.2℃・無風、冬季はみぞれ・気温5℃・15m/秒と強風かつ荒天であった。

シートの被覆時間は、シートの種類による有意差は無く、天候に左右された。春季が約5分、冬季は15m/秒の強風かつみぞれという荒天のため約10~12分となった。

破損箇所数は、季節による有意差は無いが、シートの種類では、破損箇所数の範囲は、シートmが0~1箇所、シートkが0~5箇所、ビニールが0~2箇所であり、シートkの破損箇所数が多い傾向にあった。

冬季の日本海沿岸の作業地においては、北西の強烈な季節風が吹くため、シートの被覆にあたっては破損に最大限注意した。しかし、シートkは強風にあおられた際の縦方向への破損が予想外に著しく、一度破損した場所を布製のガムテープで補修するのは容易ではなかった。一方、シートmは強風にあおられることはあったが、被覆時の破損は現行のビニールと同程度であり、季節を問わず作業可能な生分解性シートと考えられた。

2) シート内外のMITCガス濃度

春季においてシートの裾が完全に土で埋設されているものは外気におけるMITCガスは検知されなかった。シートの裾がめくれて地表とシートの間に隙間が確認されたのは各シートとも1集積単位あり、そこにガス検知管を挿入したところ、シートmで10ppm、シートkで30ppm、ビニールで20ppmあった。しかし、シートの裾を完全に土で埋設すると外気におけるMITCガスは検知されなかった。一方、各シートの被覆内のMITCガス濃度は、薬剤処理1時間後で500ppm以上、3時間後には1,000ppmを超えていた。当日の気温は25.2℃と高く、NCSが分解してMITCガスが発生する条件としては充分であり、シート間のMITCガス発生効率には特に差が認められなかった。

冬季においてもシートの外気におけるMITCガスは検知されなかった。当日はみぞれで気温5℃と低かったため、シート被覆内における薬剤処理

3時間後のMITCガス濃度は、シートmが80ppm、シートkが90ppm、ビニールが150ppmであった。低いガス濃度ではあるが被覆が完全な場合は駆除効果を期待するには充分である。

これらのことから、生分解性シートと現行のシートとのガスバリア性能には大差はないことが明らかになった。

3) シートの分解状況と駆除能力の調査

表-2と3に春季及び冬季における被覆処理後の各シートの分解状況、表-4に処理前後のカミキリと線虫の生息状況、について示した。

春季における被覆処理後の各シートの分解状況は、シートmは2週後に被覆内部の特殊紙が濡れたような変化が現れ、2ヶ月後には表面の一部に破損が確認された。しかし、その後は内部にカビが繁殖したり特殊紙の色があせたりという変色が著しくなるものの破損の進行遅く、1年後に破損が確認できた。シートkは、処理約4週後に素材の劣化が確認され、2ヶ月後からは破損が進行し、

6ヶ月後には集積した丸太等が裸出して、1年後では埋設した裾付近にのみシートが残存していた。また、ビニールは処理後6ヶ月間変化はなく、1年後に破損の兆候が確認された。

このように、生分解性シートは種類によって分解・破損状況に違いがあることが明らかになった。

春季における殺虫・殺線虫効果は、各シートともに処理前はカミキリは全て生存し、線虫も全ての供試材から確認された。処理後は、2週後と6ヶ月後ともにカミキリは全て死亡し、線虫も全ての供試材から確認されなかった。春季においては、両生分解性シートと現行のビニール被覆との差は認めらず同様の殺虫・殺線虫効果があった。

一方、冬季における被覆処理後の各シートの分解状況は、シートmは処理1週後に被覆内部の特殊紙が濡れたような変化が現れ、3週後には表面の一部に破損が確認されるものもあった。3ヶ月後には破損し、6ヶ月後では集積丸太や埋設した地表にシートの破損片が残る状態であり、強風に

表-1 1999年度試験での被覆作業時間と破損箇所数 (単位: 上段は作業時間 分/m², 下段は箇所数)

季節別	調査項目	シートm区 (生分解性)			シートk区 (生分解性)			ビニール区 (合成樹脂)		
		No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
春 季	処理時間	4.5	5.1	5.0	5.3	4.4	5.1	4.5	4.5	5.1
	破損箇所数	1	0	0	5	0	0	1	2	0
冬 季	処理時間	12.0	10.0	9.0	13.0	11.0	14.0	11.0	13.0	10.0
	破損箇所数	0	0	1	1	2	2	1	1	0

表-2 1999年度春季における被覆処理後の各シートの分解状況

被覆 処理別	No.	処理1週後		2週後		3週後		4週後		2ヶ月後		3ヶ月後		4ヶ月後		5ヶ月後		6ヶ月後		1年後	
		目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診
シートm (生分解性)	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
	2	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
	3	-	-	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
	平均	-	-	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.7	1.7	1.7	1.7	2	2	2	2	3	3
シートk (生分解性)	1	-	-	-	-	-	-	-	1	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	平均	-	-	-	-	-	-	-	0.3	2.3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ビニール (合成樹脂)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	平均	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7

注) 1. 調査地: 山形県寒河江市大字谷沢地内50年生アカマツ被害林内
2. 分解状況の評価基準は、変化無し、変色か腐朽の兆しあり1、破損開始2、破損3

表-3 1999年度冬季における被覆処理後の各シートの分解状況

被覆 処理別	No.	処理1週後		2週後		3週後		4週後		2ヶ月後		3ヶ月後		4ヶ月後		5ヶ月後		6ヶ月後		
		目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	目視	触診	
シートm (生分解性)	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	2	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	3	-	-	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	平均	0.3	0.3	1	1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.7	1.7	3	3	3	3	3	3	3	3	3
シートk (生分解性)	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	平均	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ビニール (合成樹脂)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	平均	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
積雪深 (cm)		0	0	0	0	10	14	12	1											

注) 1. 調査地：山形県鶴岡市大字湯野浜地内40年生クロマツ被害林内
 2. 分解状況の評価基準は、変化無し-、変色か腐朽の兆しあり1、破損開始2、破損3

表-4 1999年度処理前後のマツノマダラカミキリとマツノザイセンチュウの生息状況

季節別	被覆 処理別	No.	マツノマダラカミキリ幼虫の状況									マツノザイセンチュウ		
			処理前			処理2週間後			処理6ヶ月後			の有無		
			生存	死亡	死亡率	生存	死亡	死亡率	生存	死亡	死亡率	処理前	2週間後	6ヶ月後
春季	シートm	1	4頭	0頭	0%	0頭	4頭	100%	0頭	4頭	100%	有り	無し	無し
	(生分解性)	2	4	0	0	0	5	100	0	6	100	"	"	"
		3	4	0	0	0	4	100	0	7	100	"	"	"
	シートk	1	5	0	0	0	3	100	0	4	100	"	"	"
	(生分解性)	2	3	0	0	0	6	100	0	5	100	"	"	"
		3	7	0	0	0	6	100	0	5	100	"	"	"
	ビニール	1	4	0	0	0	5	100	0	10	100	"	"	"
	(合成樹脂)	2	6	0	0	0	3	100	0	8	100	"	"	"
		3	3	0	0	0	5	100	0	11	100	"	"	"
冬季	シートm	1	3	0	0	0	3	100	0	4	100	"	"	"
	(生分解性)	2	2	0	0	0	7	100	0	5	100	"	"	"
		3	3	0	0	0	2	100	0	3	100	"	"	"
	シートk	1	4	0	0	3	1	25	2	2	50	"	"	"
	(生分解性)	2	5	0	0	5	2	29	3	2	40	"	有り	"
		3	2	0	0	1	3	75	1	3	75	"	"	有り
	ビニール	1	4	0	0	0	3	100	0	4	100	"	無し	無し
	(合成樹脂)	2	2	0	0	0	4	100	0	3	100	"	"	"
		3	5	0	0	0	3	100	0	5	100	"	"	"

表-5 マツノマダラカミキリ成虫の羽化脱出累計比率と春季における生分解性シートの初期分解状況

マツノマダラカミキリ成虫の羽化脱出累計比率														
年度/月日	6/5	6/10	6/15	6/20	6/25	6/30	7/5	7/10	7/15	7/20	7/25	7/31	初発日	脱出日数
1996	0	0	0	18	45	55	64	64	73	100	100	100	6月20日	31日
1997	0	6	20	53	60	67	73	80	87	93	100	100	6月12日	44日
1998	0	10	40	91	100	100	100	100	100	100	100	100	6月8日	18日
1999	0	0	4	9	28	54	70	91	98	100	100	100	6月14日	37日
2000	0	0	0	21	26	47	63	84	89	100	100	100	6月21日	30日
平均	0	3	13	38	52	65	74	84	89	99	100	100	6月15日	32日
シートの分解状況の平均														
シートm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
シートk	-	-	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3		

注) 1. マツノマダラカミキリ成虫の発生活消長の調査地は山形県寒河江市の山形県森林研究研修センター

2. シートの分解状況調査地は山形県森林研究研修センターから3km離れた表-4のアカマツ被害林

よる散在は確認されなかった。破損開始部分は内部の特殊紙の剥がれた部分を中心であることから、強風により集積した丸太とシート内部の強力な摩擦により破損が発生するものと推察された。シートkは、処理1週間後から破損するものもあり、2週間には全てが完全に破損し集積丸太が裸出していた。シートkは、幅の短いシートを継ぎ合わせたものだが、その継ぎ目から破損が確認されることから、強風でシートがあおられているうち、継ぎ目の強度が無くなり破損に至ったものと考えられた。また、ビニールは2ヶ月後から内部の丸太との摩擦による破損の兆候が一部認められたが、処理後6ヶ月間ほとんど強風降雪という条件下でも変化はなかった。これらのことから、生分解性シートは、強風下では少なくとも3週間以内に破損が始まるということが明らかになった。

冬季における殺虫・殺線虫効果については、各シートともに処理前はカミキリは全て生存し、線虫も全ての供試材から確認された。処理後は、シートmとビニールでは春季同様に2週間と6ヶ月後ともにカミキリは全て死亡し、線虫も全ての供試材から確認されなかった。しかし、シートkは処理1週間以内にシートが強風で破損していることから、気温の低い条件下で徐々に発生したMITCガスが外気に拡散したため、2週間と6ヶ月後ともに生存するカミキリ幼虫と線虫が確認され完全殺虫・殺線虫はできなかった。日本海側特有の冬季の強風や降雪など厳しい条件下では、強度の低いシートkは不向きであることが明らかになった。

また、シートkには春季における問題点もある。表-5にカミキリ成虫の羽化脱出累計比率と春季における生分解性シートの初期分解状況を示した。試験地におけるカミキリの平均的な初発日は、6月15日であり脱出期間は32日程度である。シートmは処理後内部の特殊紙の変色はあるものの破損が認められるのは処理2ヶ月後からであり、カミキリの羽化脱出期間内での破損は認められない。

一方、シートkは処理1~2ヶ月で破損が発生し、分解が進行してしまう。カミキリの成虫はこの期間でも羽化脱出しており、破損したシートから侵入して集積丸太等に新成虫を産卵する可能性は否定できない。冬季における過酷な気象条件による破損のみならず、春季においては分解の速度が速すぎるシートkは松くい虫防除用生分解性シートとすれば不相当であることが明らかになった。

4) 生分解性シートの作業性

作業に携わった森林組合の作業員から生分解性シートと現行のビニールシートを比較して、作業についての感想を次のとおり得た。

- ①形状はカットタイプより従来と同じロールタイプの方がよく、集積した丸太や枝の大きさに合わせて無理無駄なく切って使用できる。
- ②ロールタイプの場合、中芯があると重くなるので、無くすか軽いものに工夫してもらいたい。
- ③透明な色は現地の景観にマッチしないので、茶色系の色がいい。
- ④初めて生分解性シートを触った時は、薄く破れやすく感じたが、注意して使用すると従来使用

しているビニールシートと差が無く作業できる。
⑤集積した丸太等に生分解性シートを被覆する際は、これまでのビニール被覆と違って余裕を持ってモッコリとした感じで被覆すれば破損しにくいことが分かった。

⑥万一破れても、シートmのような素材ならビニール同様に布製のガムテープでも補修が容易だ。

感想を寄せてくれた作業員らは、従来と異なるシートを取扱ったため、作業始めはとまどいがちであったが、慣れてくると従来のビニールシートと大差なく取り扱い作業を行っていた。形状は無理無駄のないロールタイプがよく、中芯の軽量化についての要望は実現していく必要がある。

5) 1999年度試験のまとめ

松くい虫の伐倒駆除の薬剤被覆処理に使用可能な生分解性シートについて、性能と作業性を基に検索を行った。試験で使用した2種類の生分解性シートと従来のビニールシートでは作業時間やガスバリア性能に差がないことが明らかになった。しかし、松くい虫の伐倒駆除は春季と冬季に実施しており、気象環境の厳しい冬季では強度が低い生分解性シートは日本海側特有の強風と降雪により破損し、完全殺虫・殺線虫が困難になる。また、春季においても分解速度が速いシートはカミキリの羽化脱出期間中に破損が始まることから、松くい虫防除用シートとしてはこうした欠点を持つものは不適當であることが明らかになった。こうした評価を基に従来のビニールシートと同様に松くい虫防除用の生分解性シートとして使用可能なのは、シートm(ヤシマ産業製ミクスト)であった。

シートmはすでに市販されているが、カットタイプであり、現場作業者の聞き取り調査からも無理無駄のない環境保全型の生分解性シートとするならロールタイプの形状にする必要がある。また、事業での利用に際しては価格の問題がある。市販のシートmは4m×4mのカットタイプで2,960円/枚であり、現行のビニールシートを同様の大きさで単純に試算すると3.4倍の価格になる。ビニールシートの場合は、今後ビニールを回収する作業と廃棄にかかる手数料が必要となり、放置したままでよい生分解性シートとの詳細な経費比較は必要になるが、環境保全に配慮した素材として注目されるだけに生分解性シートの低価格化が重要で

あると考えられる。また、生分解性シートは日進月歩の素材であるため、新たな素材が開発された時点で優良なシートの検索に努める必要が認められた。この結果を踏まえて2000年度は生分解だけでなく、光や水により分子結合が緩み、肉眼では見えない程度に分解するシートの性能について試験することにした。

2. 2000年度の試験結果(シートm(生分解性)、シートt・s(分解性)使用)

1) 被覆作業時間と破損箇所数

表-6に春季と冬季における各処理ごとの被覆作業時間と破損箇所数を示した。作業時の天候は、春季が曇り時々雨・気温18℃・風速3m/秒、冬季は晴れ・気温7℃・風速1m/秒であった。

シートの被覆時間は、シートの種類の違いによる有意差は認められなかった。被覆時間は、春季が約7分、冬季は約3分で、春季は若干の風があったこと、冬季は同じ作業員が実施したため、被覆する素材の取り扱いに慣れたことにより季節間で違いが生じた。

破損箇所数の範囲は、シートmが0~2箇所、シートtとsは0~1箇所、ビニールシートも0~1箇所であり、シートの種類及び季節による有意差は認められなかった。冬季の試験で10m/秒を越える強風が吹く中での試験実施となったが、大きな破損にはいたらなかった。作業性では、生分解性及び分解性のシートは、従来のビニールとの違いは認められないことが分かった。

2) シート内外のMITCガス濃度

シート内外のMITCガス濃度は、春季においては、各処理区の集積単位とも被覆外では測定されず、被覆内においても処理1時間以降200ppmを上回り、殺虫・殺線虫能力を充分発揮できるガス濃度に達した。冬季でも、各処理区の集積単位とも被覆外では観察されず、被覆内において処理3時間以降100ppmを上回り、春季同様に殺虫・殺線虫能力を充分発揮できるガス濃度に達した。

これらのことから、生分解性及び分解性のシートは従来のビニールとガスバリア性能に大差がないことが明らかになった。

3) シートの分解及び破損状況と駆除能力の調査

表-7と8に春季及び冬季における被覆処理後の各シートの分解及び破損状況、表-9に処理前

後のカミキリと線虫の生息状況について示した。

(1) 春季試験

春季における被覆処理後の各シートの分解及び破損状況は、シートmは、1集積単位で処理1週後に被覆内部の特殊紙が濡れたような変化が現れ、4週後には表面の一部に破損が確認された。しかし、その後は内部にカビが繁殖したり特殊紙の色があせたりという変色が著しくなるものの、破損の進行は遅く、約1年後に全ての集積単位で完全な破損が確認できた。シートtは、処理1週後に破損が確認され、3週後からは破損が進行し、2ヶ月後には集積した丸太等が裸出して、6ヶ月後では埋設した裾付近にのみシートが残存していた。また、ビニールは1集積単位でカラスによる破損が処理5週後から発生したが、その後大きな

変化はなく、1年後には破損が著しくなり、丸太が裸出した。

このように、生分解性及び分解性シートは種類によって分解・破損状況に違いがあることが明らかになっているが⁽²⁾、特にシートtは分解が早く、カミキリの羽化脱出中に丸太が裸出する可能性があり、分解速度と強度に工夫が必要となった。

春季における殺虫・殺線虫効果は、各シートともに処理前はカミキリは全て生存し、線虫も全ての供試材から確認された。処理後は、2週後と6ヶ月後ともにカミキリは全て死亡し、線虫も全ての供試材から確認されなかった。春季においては、生分解性シート及び分解性シートと現行のビニール被覆との差は認められず同様の殺虫・殺線虫効果が認められた。

表-6 2000年度試験での被覆作業時間と破損箇所数 (単位: 上段は作業時間 分/m³、下段は箇所数)

季節別	調査項目	シートm区(生分解性)			シートt区(分解性)			シートs区(分解性)			ビニール区(合成樹脂)		
		No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
春季	処理時間	8.0	6.0	8.0	6.0	8.0	7.0	(冬季のみ実施)			8.0	9.0	6.0
	破損箇所数	1	2	1	1	1	1				1	1	1
冬季	処理時間	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	2.0
	破損箇所数	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1

※各季節におけるシート間の処理時間と破損箇所の有意差は認められない (有意水準0.1%)。

表-7 2000年度春季における被覆処理後の各シートの分解及び破損状況

被覆 処理別	No.	処理1週後	2週後	3週後	4週後	5週後	6週後	7週後	8週後	2ヶ月後	3ヶ月後	4ヶ月後	5ヶ月後	6ヶ月後	1年後
		5/24	5/30	6/5	6/13	6/20	6/27	7/4	7/11	7/17	8/17	9/13	10/19	11/8	5/8
シートm (生分解性)	1	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	3
	2	0	0	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	平均	0.3	0.3	0.7	1.0	1.3	1.3	1.7	2.0	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	3.0
シートt (分解性)	1	0	0	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3
	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	平均	1.3	1.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.7	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
ビニール (合成樹脂)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	3	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
	平均	0	0	0	0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.0	1.0	1.3	2.0	2.7

注) 1. 調査地: 山形県鶴岡市湯野浜地内56年生クロマツ被害林内

2. 分解及び破損状況の評価基準は、変化無し0、変色か腐朽の兆しあり1、破損開始2、破損3

表-8 2000年度冬季における被覆処理後の各シートの分解及び破損状況

被覆 処理別	No.	処理1週後	2週後	3週後	4週後	5週後	6週後	7週後	8週後	2ヶ月後	3ヶ月後	4ヶ月後	5ヶ月後	6ヶ月後
		12/12	12/19	12/26	1/4	1/8	1/15	1/21	1/30	2/6	3/12	4/2	5/8	6/3
シートm (生分解性)	1	0	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	2	0	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	3	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	平均	0	1.3	2.7	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
シートt (分解性)	1	0	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	2	0	0	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3
	平均	0	0	1.0	2.0	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.7	2.7	2.7
シートs (分解性)	1	0	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
	2	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	平均	0	0.7	0.7	0.7	0.7	1.0	1.0	1.3	1.3	1.3	1.7	2.0	2.3
ビニール (合成樹脂)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.3	0.3
積雪深 (cm)	4	38	7	28	18	3	1	9	1	0	-	-	-	

注) 1. 調査地：山形県鶴岡市大字湯野浜地内55年生クロマツ被害林内
 2. 分解及び破損状況の評価基準は、変化無し0、変色か腐朽の兆しあり1、破損開始2、破損3

(2) 冬季試験

冬季における被覆処理後の各シートの分解及び破損状況は、シートmは処理2週後に被覆内部の特殊紙が濡れたような変化が現れ、冬季の風速10m/秒を越える北西の季節風により、3週後には破損が確認されるものもあり、4週後には全ての集積単位が破壊され、丸太が裸出した。6ヶ月後では集積丸太や埋設した地表にシートの破損片が残る状態であり、強風によるシートの散在は確認されなかった。破損開始部分は内部の特殊紙の剥がれた部分が中心であることから、強風により集積した丸太とシート内部の間に生じた強力な摩擦により破損が発生するものと推察された。シートtは、春季の資材より厚みを60 μ から80 μ と厚くした。処理3週後から破損するものもあり、5週後には2集積単位が破損し丸太が裸出し、処理6ヶ月後ではシートの破片が集積丸太の裾に残る状態であった。3層構造からなるシートは、内側と中間層が破損し、6ヶ月後の時点で触るとパリ

パリと碎けるように破壊し、裾に残ったシートの破片が分解する状況であった。シートsは、処理2週後に集積丸太とシートの摩擦により一部破損が始まる様相であったが、破損が始まったのは6週後以降で、比較的破損・分解が進行せず、処理6ヶ月後で2集積単位が破損したシートが丸太にかかっている状況に留まり、1集積単位はやっと破損が始まった状況である。また、ビニールは3ヶ月後から内部の丸太との摩擦から破損の兆候が一部認められたが、処理後6ヶ月間ほとんど強風降雪という条件下でも変化はなかった。これらのことから、生分解性及び分解性シートは、10m/秒を越える強風下では少なくとも3週以内に破損が始まることが明らかになった。

冬季における殺虫・殺線虫効果については、各シートともに処理前はカミキリは全て生存し、線虫も全ての供試材から確認された。処理後は、各シートとも春季同様に2週後と6ヶ月後ともにカミキリは全て死亡し、線虫も全ての供試材から確

認められなかった。分解性シートは処理後3週間以内に破損が始まるが、MITCガスは破損する前に被覆シート内に充満し、殺虫・殺線虫効果を発揮するので、本来の目的には合致している。強風による破損後の飛散が心配されたが、シートの裾を土で埋め込んでいるので、破れたシートは地表に散在しながら分解する状況になり、問題はないものとする。また、強風が続く日本海側沿岸での作業に適した分解性シートであっても、強度の低いシートは不向きであることが、前回の試験同様に明らかになった。

4) シートの作業性

作業に携わった作業員から生分解性及び分解性シートと従来のビニールシートを比較して、作業についての感想を次のとおり得た。

①形状はカットタイプより従来と同じロールタイ

プの方がよく、集積した丸太や枝の大きさに合わせて無理無駄なく切って使用できる。

②シートの色は現地の景観にマッチする茶色系の色がいい。

③生分解性及び分解性シートは、薄く破れやすく感じたが、注意して使用すると従来使用しているビニールシートと差が無く作業できる。

5) 2000年度の試験のまとめ

松くい虫の伐倒駆除の薬剤被覆処理に使用可能な生分解性及び分解性シートについて、性能と作業性をもとに検索を行った。試験で使用した3種類の生分解性及び分解性シートと従来のビニールシートでは作業時間やガスバリア性能に差がないことが明らかになった。また、松くい虫の伐倒駆除は春季と冬季に実施しており、気象環境の厳しい冬季では、日本海側特有の強風と降雪により破

表-9 2000年度試験における処理前後のマツノマダラカミキリとマツノザイセンチュウの生息状況

季節別	被覆処理別	No.	マツノマダラカミキリ幼虫の状況									マツノザイセンチュウの有無		
			処 理 前			処 理 2 週 間 後			処 理 6 ヶ 月 後			処理前	2週後	6ヶ月後
			生存	死亡	死亡率	生存	死亡	死亡率	生存	死亡	死亡率			
春季	シートm (生分解性)	1	3頭	0頭	0%	0頭	2頭	100%	0頭	1頭	100%	有り	無し	無し
		2	2	0	0	0	3	100	0	3	100	"	"	"
		3	2	0	0	0	2	100	0	2	100	"	"	"
	シートt (分解性)	1	2	0	0	0	2	100	0	2	100	"	"	"
		2	1	0	0	0	3	100	0	2	100	"	"	"
		3	5	0	0	0	5	100	0	3	100	"	"	"
	ビニール (合成樹脂)	1	3	0	0	0	3	100	0	1	100	"	"	"
		2	2	0	0	0	2	100	0	2	100	"	"	"
		3	3	0	0	0	4	100	0	2	100	"	"	"
冬季	シートm (生分解性)	1	3	0	0	0	3	100	0	3	100	"	"	"
		2	3	0	0	0	2	100	0	2	100	"	"	"
		3	3	0	0	0	3	100	0	3	100	"	"	"
	シートt (分解性)	1	3	0	0	0	2	100	0	3	100	"	"	"
		2	3	0	0	0	2	100	0	3	100	"	"	"
		3	4	0	0	0	3	100	0	3	100	"	"	"
	シートs (分解性)	1	2	0	0	0	1	100	0	2	100	"	"	"
		2	3	0	0	0	4	100	0	3	100	"	"	"
		3	3	0	0	0	3	100	0	2	100	"	"	"
ビニール (合成樹脂)	1	2	0	0	0	2	100	0	2	100	"	"	"	
	2	3	0	0	0	2	100	0	3	100	"	"	"	
	3	3	0	0	0	3	100	0	3	100	"	"	"	

表-10 試験に使用したシートの性能と効果の評価

シート名/性能効果	処理後の破損	適度な分解	ガスバリア性	殺虫・殺線虫 効 果	作 業 性	環境保全を 考慮した評価
シート m (生分解性)	2	3	3	3	2	3
シート k (生分解性)	1	1	3	1	3	1
シート t (分解性)	2	3	3	3	3	3
シート s (分解性)	3	3	3	3	3	3
ビニール (合成樹脂)	3	1	3	3	3	1

注) 評価基準1999・2000年度の試験を通じて、良い3、普通2、悪い1とした。

損しない強度のあるシートでないと、完全殺虫・殺線虫が困難になる。

従来のビニールシートと同様に松くい虫防除用のシートとして使用可能なのは、1999年度の試験結果同様生分解性のシートmと2000年度新たに試験した改良型80 μ の分解性シートtとsであった。

シートmは、1999年度の試験結果を受けてロールタイプの形状で発売され使いやすさが増した。また、シートtもしくはsについても2002年度中に発売された。

V まとめと今後の課題

これまでに開発された生分解性シート2種類と分解性シート2種類を用いて、マツ材線虫病丸太に対する防除効果や分解性能を比較して本シートを用いた駆除事業における利用の可能性について検討した。表-10に試験に使用したシートの性能と効果の評価を示した。駆除作業に適した新たなシートは、1999年時点より製品化されていたヤマ産業(株)製の生分解性シートmと、2000年に開発された巴工業(株)製の分解性シートtとsであった。傾斜地など作業条件が悪い駆除作業現場での利用にあたっては、応分の強度が必要であり、作業性の面からはロールタイプのシートが最適であることが明らかになった。

今後は、環境保全型の作業の実施が急務なために、これらのシートを採用する自治体が着実に増

加すると考えられ、メーカーはさらなるシートの低価格化について努力する必要がある。また、生分解性シートは日進月歩の素材であるため、新たな素材が開発された時点で各自治体としても優良なシートの検索に努める必要がある。

VI 引用文献

- (1) 鴨田福也 (2000) 生分解性プラスチックの利用と今後の課題. (International Horticultural Exhibition 2000. (社)日本能率協会、東京). 29-36.
- (2) 斉藤正一・佐藤豊治・高橋幸治 (2001) 環境保全のための生分解性シートを用いたマツ材線虫病丸太のくん蒸処理. 林業と薬剤158:1-10.
- (3) 斉藤正一・高橋幸治・石山新一朗 (2002) 環境保全のための生分解性シートを用いたマツ材線虫病丸太のくん蒸処理. 林業と薬剤161:1-10.

論文

山形県の海岸丘陵地帯における広葉樹林復元の目標林型

伊藤 聡*

Broad-leaved forests type used as the target of restoration at coastal hilly zone
in Yamagata Prefecture

Satoshi ITO

(2005年4月6日受理)

要旨：海岸丘陵地帯に残存している天然生広葉樹林を、林冠を構成する樹種の種組成とその優占度から類型化した。類型化したタイプごとの種組成、林分構造を明らかにし、海岸丘陵地帯における復元目標林型について検討した。天然生広葉樹林は、カシワ、シナノキ、エゾイタヤ、ケヤキ、タブノキが単独で林冠植被率の約50%以上を優占する5タイプに類型化できた。目標林型は、樹高約12～14mの高木層を最上層とする4階層もしくは樹高約6～8mの亜高木層を最上層とする3階層からなるカシワ、シナノキ、エゾイタヤ優占林、樹高約17mの高木層を最上層とする4階層もしくは樹高約8mの亜高木層を最上層とする3階層からなるケヤキ優占林、樹高約16mの高木層を最上層とする4階層からなるタブノキ優占林の計9林型であることが明らかになった。

I はじめに

山形県の海岸地帯では、飛砂、潮、強風の害から生活環境を守るため、17世紀前半からクロマツによる海岸林の造成が行われてきた(酒田営林署, 1963)。しかし、近年の松くい虫の発生により、クロマツ林は大きな被害を受けている。

全長約70kmに及ぶ山形県の海岸線は、ほぼ同延長の砂丘地帯と丘陵地帯から構成されている。松くい虫被害は、海岸地帯全域に拡大しているが、特に丘陵地帯における被害が著しい。被害を受けた丘陵地帯のクロマツ林では、高木性広葉樹の侵入がほとんど見られず、天然更新による森林への早期復元が期待できないことから(伊藤, 2004)、丘陵地帯における海岸林の早期復元が緊急の課題となっている。

防災機能の発揮及び成林の確実性においてクロマツに優る樹種は今のところ存在しない。しかし、

単一の樹種による海岸林では、これまでの松くい虫被害と同様に、一つの要因が引き金となって予想外の被害が海岸林全体に拡大する危険性がある。また、海岸林には、防災機能以外にも保健休養機能、自然・情操教育の場としての機能、生物資源供給機能としての野生生物種の保存、野生動植物の生息保護や陸地及び水界の生態系を維持する機能等、多面的機能の発揮が期待されている(中島ら, 2000; 野堀ら, 2000; 村井ら, 1992)。このことから、海岸林の安定的な持続及び森林の多面的機能の発揮を実現するには、多様な樹種による多様な海岸林を復元していく必要がある。

砂丘地帯の特に汀線に近い区域については、その背後に人家、道路、畑等、人間生活に深く結びついた施設が多数存在し、年間を通して飛砂、潮、強風に対する防災機能を高度に発揮できる森林が必要である。しかし、砂丘地帯の汀線から比較的離れた区域及び丘陵地帯においては、山形県の海

* 現所属：山形県環境科学研究センター

岸地帯全域を視野に入れ、防災機能の発揮と併せて、自然災害や病虫害被害に強い安定した海岸林の実現、生物多様性の保全等を目的とした海岸林を復元していくべきであると考え。そこで、山形県における多様な海岸林復元技術の確立に向けた第一歩として、海岸丘陵地帯における広葉樹林復元の目標林型を明らかにしたので報告する。

II 調査地の概要

山形県の海岸地帯はその地形的外観から、秋田県境から南に約10kmの区域（以下「北部丘陵地帯」）、新潟県境から北に約25kmの区域（以下「南部丘陵地帯」）に見られる丘陵地帯、両丘陵地帯の間に位置する約35kmの砂丘地帯に大きく分けることができる。

北部丘陵地帯は、汀線近くにクロマツ植林地が多く見られ、その背後にスギ植林地が存在していることが多い。また、ヤブツバキクラス域の自然植生であるタブノキ群落、ブナクラス域の自然植生であるエゾイタヤ・シナノキ群落（環境庁、1988）は、非常に小面積で点在しているにすぎない。南部丘陵地帯は、汀線に沿ってエゾイタヤ・シナノキ群落が連続的に存在し、その背後はブナクラス域代償植生であるコナラ群落（環境庁、1988）に連続していることが多いが、アカマツ植林地及びスギ植林地と接している箇所も部分的に確認できる。タブノキ群落は、北部丘陵地帯同様に非常に小面積で点在しているにすぎない。

気象庁ホームページ内の電子閲覧室で公開されている気象統計資料によれば、北部丘陵地帯最寄りの酒田測候所及び南部丘陵地帯最寄りの鼠ヶ関

のアメダス観測点における1979～2000年の年平均気温は各12.3℃及び12.1℃、月平均気温が最も高い月は両地点とも8月で各24.9℃及び24.3℃、月平均気温が最も低い月は両地点とも2月で各1.4℃及び1.7℃であった。気温と降水量に関して、2つの丘陵地帯に大きな違いは認められなかった。温量指数（吉良、1949）を算出したところ、酒田は96.3℃・月、鼠ヶ関は92.5℃・月であり、両地域とも180～85℃・月で定義される暖温帯に属している。

調査地域で最も特異な気象条件は風である。気象庁の観測資料（山形地方気象台、1992）によれば、酒田測候所における年平均風速は4.3m/s、日最大風速10m/s以上の日数は年間90.7日であるのに対し、内陸地域の山形市では年平均風速は1.5m/s、日最大風速10m/s以上の日数は年間0.3日であることから、調査地は非常に風の強い地域と言える。また、酒田測候所における日最大風速10m/s以上の年間の日数のうち、約半分にあたる45.2日が12月から2月の冬期間に集中してみられ、この3ヶ月間の最多風向は西北西であることから、山形県の海岸地帯は、特に冬期間の季節風が強い地域であると言える。

III 調査及び解析方法

海岸丘陵地帯の汀線から約500m以内を調査対象区域とし、林分の面積が0.1ha以上の天然生広葉樹林を北部丘陵地帯で31林分、南部丘陵地帯で58林分調査した。植生調査は、Braun-Blanquetの植物社会学的方法により行った。評価に用いた優占度階級は、表-1のとおりである（Braun-Blan-

表-1 優占度階級と判定基準

優占度階級	判定基準	被度値の中央値
5	被度が75%以上で個体数は任意	87.5
4	被度が50～75%で個体数は任意	62.5
3	被度が25～50%で個体数は任意	37.5
2	被度が10～25%で個体数は任意	17.5
1	あるいは、被度が10%以下で、非常に多数 多数だが被度は低い あるいは、かなり少数 だが被度がやや高い（ただし10%以下）	5.0
+	少数で被度は非常に低い	0.1

quet, 1964)。階層の最上層にあたる高木層もしくは亜高木層に出現した種のうち、全調査箇所に対する出現頻度が10%以上のツル類を除く種の優占度を用いて、天然生広葉樹林の類型化を行った。

解析は、多数のサンプル間の類似性による分類において、比較するサンプル数やグループ数の影響を受けない分類方式 (Kobayashi, 1987) であるC'λ (Morisita, 1971) を用いて行った。C'λを算出するに当たっては、Braun-Blanquetの優占度階級に対応するパーセント被度値の中央値 (表-1) を用いた。類型化の目的は復元目標林型の解明であることから、類型化された各タイプは視覚的にその林型の特徴が明らかであり、各タイプを別のタイプとして認識できる必要がある。そこで、最も分類数が少ない2タイプの類型化から、分類の基準とするC'λの値を大きくすることで順

次細分化し、林相の違いが最も明確になった時点 を類型化の基準とした。類型化したタイプごとの最上層の植被率、各樹種の被度平均値を求め、林分の階層構造と層ごとの高さ、植被率を示すことで、目標とする林型を明らかにした。

IV 結果と考察

1. 天然性広葉樹林の林冠の種組成

天然生広葉樹林の林冠には、調査林分全体で58種が出現した。そのうち天然生広葉樹林89林分の林冠に出現した出現頻度5%以上の、ツル類を除く19種の優占度別の出現回数及び出現頻度を表-2に示した。優占度の最高値が3以上の比較的高い値を示した樹種は、エゾイタヤ、ケヤキ、カシワ、シナノキ、エノキ、タブノキ、ミズナラの7種であった。1樹種で林冠の半分以上を優占

表-2 林冠に出現した種の優占度別出現回数と出現頻度

種名	優占度別の出現回数						出現回数 合計	出現頻度 (%)
	+	1	2	3	4	5		
エゾイタヤ	8	15	10	17	0	0	50	56.2
ケヤキ	0	11	15	9	3	4	42	47.2
カシワ	2	6	8	6	6	11	39	43.8
シナノキ	3	6	7	13	3	1	33	37.1
カスミザクラ	11	7	5	0	0	0	23	25.8
エノキ	7	6	4	2	0	0	19	21.3
タブノキ	2	4	2	1	1	9	19	21.3
ミズナラ	6	5	2	1	0	0	14	15.7
ヤマグワ	9	3	1	0	0	0	13	14.6
エゴノキ	8	3	1	0	0	0	12	13.5
クリ	5	2	0	0	0	0	7	7.9
ネムノキ	4	2	1	0	0	0	7	7.9
アカメガシワ	2	3	2	0	0	0	7	7.9
カラスザンショウ	1	1	4	0	0	0	6	6.7
ウワミズザクラ	5	1	0	0	0	0	6	6.7
トチノキ	1	3	2	0	0	0	6	6.7
ホオノキ	2	2	2	0	0	0	6	6.7
オオバボダイジュ	0	2	3	0	0	0	5	5.6
オニグルミ	2	3	0	0	0	0	5	5.6

注) 出現頻度は、全調査箇所数89に対する出現回数の割合

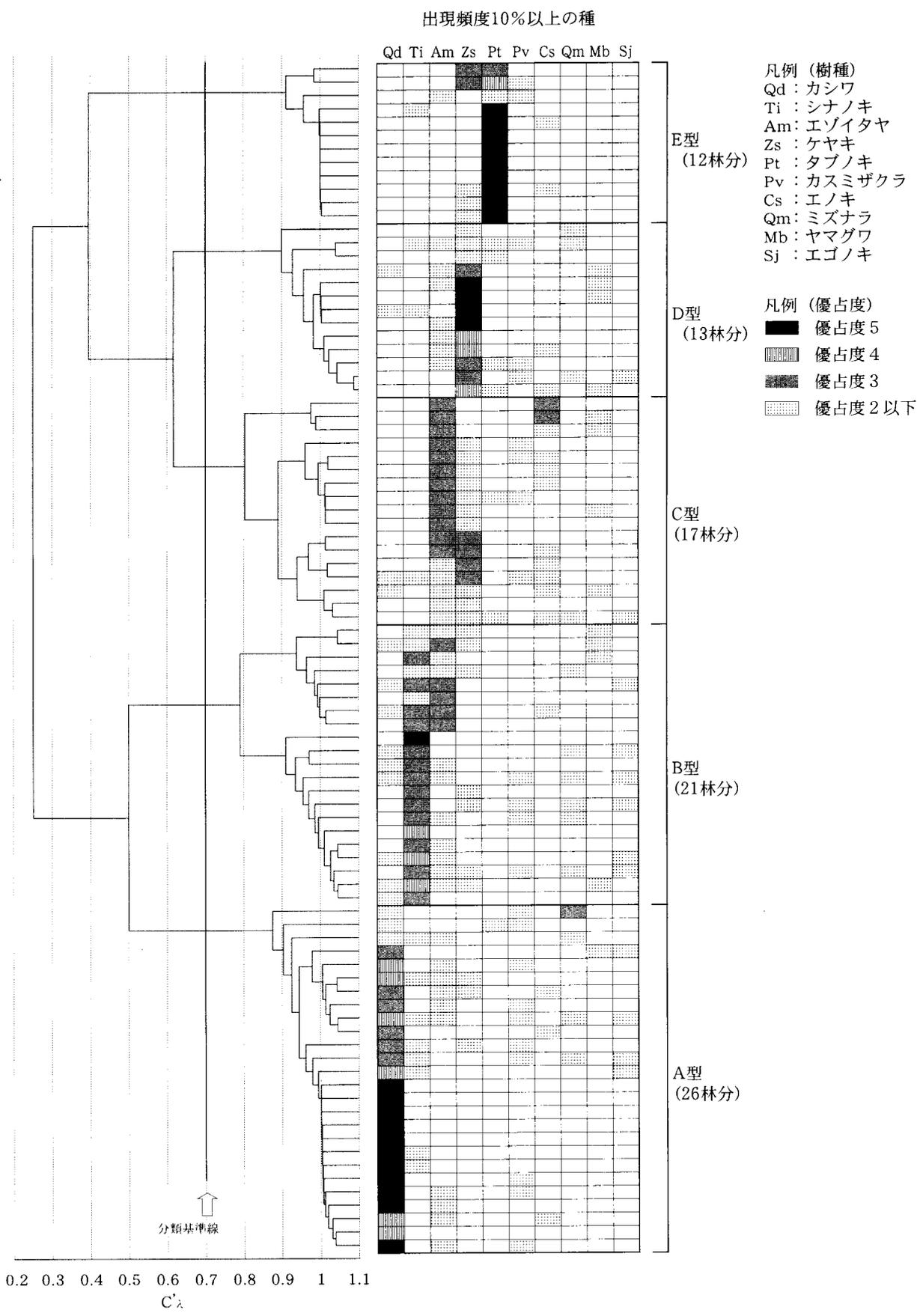


図-1 C'_{λ} による天然生広葉樹林の類型化

できる優占度4以上を示した樹種は、ケヤキ、カシワ、シナノキ、タブノキの4種のみであった。海岸林に最も高い頻度で出現したのはエゾイタヤで半数以上の林分で存在が確認され、ついでケヤキ、カシワ、シナノキ、カスミザクラ、エノキ、タブノキが約20%以上の出現頻度を示した。以上のことから、エゾイタヤ、ケヤキ、カシワ、シナノキ、エノキ、タブノキが、目標林型を特徴づける種となることが示唆された。また、ミズナラ、ヤマグワ、エゴノキ等、他の13種は、優占種としては期待できないが、海岸林の最上層を構成できる数少ない重要な樹種の一つと考えられる。

2. 天然生広葉樹林の類型化

C'λによる天然生広葉樹林のデンドログラムと出現頻度10%以上の樹種の調査林分ごとの優占度を図-1に示した。分類の基準をC'λ0.3に設定して2タイプに分類した場合、カシワの優占度が5の11林分と、シナノキの優占度が3以上の17林分が同一のタイプとして分類されること、エゾイタヤの優占度が3の12林分、ケヤキの優占度が4以上の7林分及びタブノキの優占度が4以上の10林分が同一のタイプとして分類されることから、2つのタイプに分類することは適切でないと判断した。以下同様に、C'λ0.45で3タイプに分

類した場合、カシワとシナノキ間及びエゾイタヤとケヤキ間、0.6で4タイプに分類した場合、エゾイタヤとケヤキ間に同様の不合理が発生し、いずれの分類も適切でないと判断した。C'λ0.7で5タイプに分類した場合、これらの不合理が認められなくなった。類型化した5タイプを仮にA型、B型、C型、D型、E型とし、各タイプごとの林冠の種組成とその被度を図-2に示した。A型、B型、C型、D型では林冠の平均植被率が約80%、E型では約90%であった。各型の平均植被率のうち、A型では約8割がカシワ、B型では約6割がシナノキ、C型では約5割がエゾイタヤ、D型では約8割がケヤキ、E型では約9割がタブノキであった。これら5樹種の被度をもとに、20箇所の既調査林分を現地で目視判定したところ、その判定結果はC'λによる分類結果と一致し、これらのタイプは視覚的に異なった林型として明確に識別できることが明らかとなった。以上のことから、復元目標林型は、カシワ優占林(以下「カシワ型」)、シナノキ優占林(以下「シナノキ型」)、エゾイタヤ優占林(以下「エゾイタヤ型」)、ケヤキ優占林(以下「ケヤキ型」)、タブノキ優占林(以下「タブノキ型」)の5タイプとすることが適切であると考えられる。また、北部及び南部丘陵地帯での各タイプの出現状況を確認したところ、両丘陵地帯で全ての

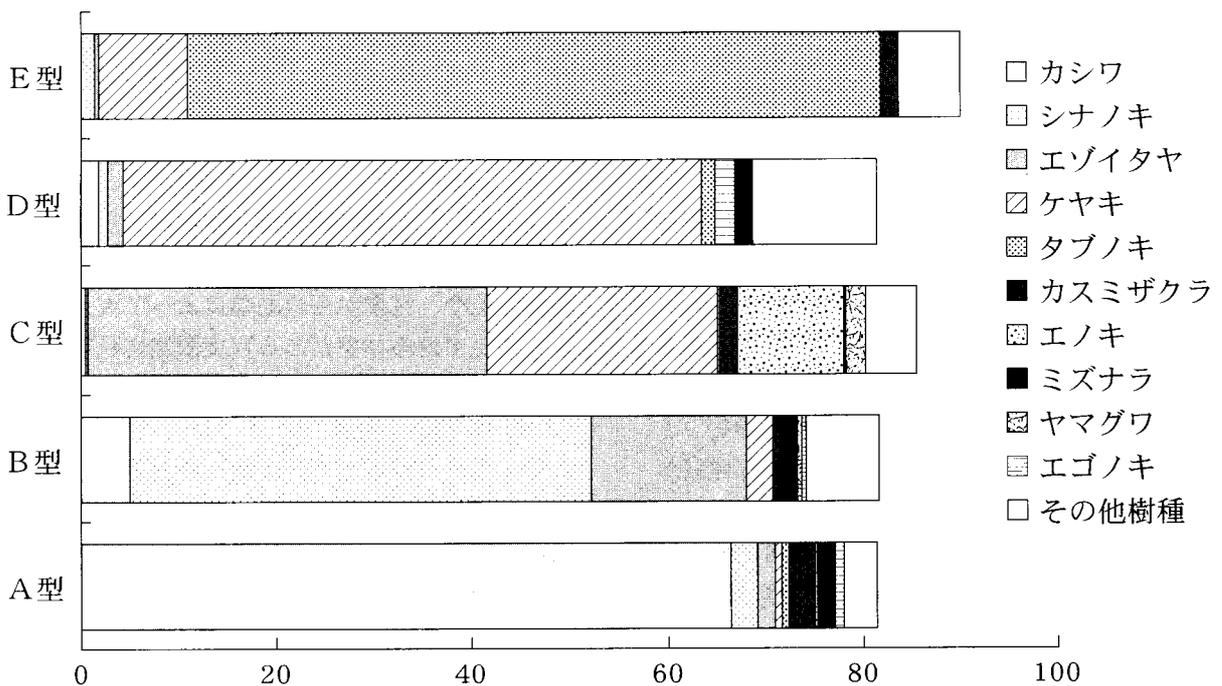


図-2 タイプ別の林冠の種組成とその被度

表-3 林型タイプ別の階層構造と植被率

林型タイプ	階層数	林分数	高木層		亜高木層		低木層		草本層	
			階層高 (m)	植被率 (%)						
カシワ型	4	7	12.1	80.7	5.4	27.9	1.6	38.6	0.5	52.9
	3	19	—	—	6.4	81.3	1.9	32.6	0.6	65.3
シナノキ型	4	15	13.4	82.3	5.8	30.0	1.6	15.7	0.6	58.9
	3	6	—	—	6.6	80.0	1.8	40.0	0.5	44.2
エゾイタヤ型	4	10	13.9	85.5	6.1	27.0	1.7	25.0	0.8	64.0
	3	7	—	—	7.7	85.7	2.4	13.0	0.8	62.9
ケヤキ型	4	10	17.0	82.0	6.5	31.5	1.8	16.0	0.7	58.0
	3	3	—	—	7.7	80.0	1.7	40.0	0.5	46.7
タブノキ型	4	12	15.8	90.0	6.4	54.6	2.0	18.6	0.4	14.8

タイプが確認されたことから、これらの目標林型は北部、南部を問わず、山形県の海岸丘陵地帯で有効であると思われる。

3. 類型化した各タイプの林分構造

各タイプ別の階層構造と植被率を表-3に示した。タイプによっては、階層の数が異なることから、高木層、亜高木層、低木層、草本層の4層を持つ林型（以下「I型」と）亜高木層以下の3層をもつ林型（以下「II型」）に分けて考えることとした。I型とII型を持つタイプは、カシワ型、シナノキ型、エゾイタヤ型、ケヤキ型であった。そのうち、カシワ型、シナノキ型、エゾイタヤ型のI型については、高木層の高さが13m前後、植被率が80%程度と類似していた。また、II型間でも亜高木層の高さが7m前後、植被率が80%程度と同様の傾向が見られた。ケヤキ型は、II型における高さ及び植被率がカシワ型、シナノキ型、エゾイタヤ型と類似していたが、I型においては高木層の高さが17mとやや高い傾向が見られた。一方、タブノキ型には、高さが約16mの高木層をもつI型しか見られなかった。また、調査林分は林冠が一定の高さで非常に揃っていたこと、特に北西の季節風の風衝斜面では梢端の枯損が非常に多く見られたことから、樹高や林分構造の差は林齢によるものではなく、特定の樹種が立地、気象等の環境要因に強く影響を受けて生育した結果として形成されたものと考えられる。以上のことから、カ

シワ型、シナノキ型、エゾイタヤ型は、樹高約12~14mの高木層を最上層とするタイプ（I型）もしくは樹高約8mの亜高木層を最上層とするタイプ（II型）、ケヤキ型は、樹高約17mの高木層を最上層とするタイプ（I型）もしくはカシワ型、シナノキ型、エゾイタヤ型と同様、樹高約6~8mの亜高木層を最上層とするタイプ（II型）、タブノキ型は、樹高約16mの高木層を最上層とするタイプ（I型）が各タイプの復元目標とする林分構造であると考えられる。

V おわりに

本報告では、山形県の海岸丘陵地帯におけるカシワ、シナノキ、エゾイタヤ、ケヤキ、タブノキを優占種とした広葉樹林復元の目標林型を明らかにした。海岸丘陵地帯は非常に起伏に富んでおり、斜面方位や、汀線からの距離によって復元目標として想定できる林型がある程度限定される可能性がある。立地環境から目標林型を推定する手法については、現在解析中である。また、将来的には、クロマツとの混植も視野に入れ、砂丘地帯を含めた復元目標林型を明らかにし、目標林型ごとの具体的な植栽、育林技術について解明していきたいと考えている。

VI 引用文献

- (1) Braun-Blanquet, J. (1964) Pflanzensociologie 3. Aufl. 865pp, Springer Verlag, Wien.
- (2) 伊藤聡 (2004) 海岸丘陵風衝地における松くい虫被害跡地の実態と更新樹種導入の必要性 (平成14年度新しい技術の試験研究成果 (普及指導資料及び行政資料). 山形県農林水産部. 山形県. 山形)、257-258.
- (3) 環境庁 (1988) 第3回自然環境保全基礎調査植生調査報告書 (山形県). 194pp、環境庁、東京.
- (4) 吉良竜夫 (1949) 日本の森林帯. 林業解説シリーズ17. 36pp、日本林業技術協会、東京.
- (5) Kobayashi, S. (1987) Heterogeneity ratio: A measure of beta diversity and its use in community classification. Ecological Research. 2 : 101-111.
- (6) Morisita, M. (1971) Composition of the $I\delta$ -index. Res. Popul. Ecol. 13 : 1-27.
- (7) 村井宏編 (1992) 日本の海岸林—多面的な環境機能とその活用—. 513pp、ソフトサイエンス社、東京.
- (8) 中島勇喜編 (2000) 日本海沿岸北部海岸林の潜在植生導入による保全技術. 平成8~10年度文部省科学研究費補助金基礎研究 (B) (2) 研究成果報告書. 218pp、山形大学、山形.
- (9) 野堀嘉裕・林田光祐・中島勇喜 (2000) 日本海沿岸北部における海岸林の特徴と現況. 東北森林科学会誌 5 (2) : 69-78.
- (10) 酒田営林署 (1963) 海岸砂地造林事業概要. 57pp、酒田営林署、酒田.
- (11) 山形地方气象台編 (1992) 山形の気象百年. 235pp、日本気象協会山形県支部、山形.

短 報

クロマツ実生苗木を用いた挿し木の発根促進方法

渡 部 公 一

The treatment of rooting promotion of Japanese black pine cuttings using young seedling

Koichi WATANABE

(2005年4月6日受理)

要旨：挿し木に適したクロマツ苗の得苗に有利な発根促進処理方法を明らかにするため、クロマツ3年生実生苗を用いて植物ホルモン(IBA)の濃度や処理方法を変えて挿し木試験を行い、発根率や根の充実度及び上長成長について検討した。また併せて挿し穂の径との関係を検討した。その結果、挿し穂の径は3.0mm以上のものが良く、IBA水溶液へ浸漬処理した後、挿しつけ前にIBA粉剤を粉衣する組み合わせ処理が得苗に有利であると判断された。また、浸漬処理を行うIBA濃度の違いによって、根の充実度(根の本数)と上長成長に違いがあることが明らかになった。

I はじめに

マツ材線虫病によって海岸部のクロマツ(*Pinus thunbergii*)は壊滅的な被害を受け、海岸防災林の機能低下と景観上の問題から速やかな森林復旧が切望されている。防災機能を高度に発揮するためには、クロマツに代わる樹種は今のところなく、マツノザイセンチュウに対して抵抗性のあるクロマツ種苗への期待は大きい。

このため、東北地方においてもマツノザイセンチュウ抵抗性育種事業が進められており、早期の抵抗性クロマツ苗木の生産を目指しているが、未だ選抜途上の段階にある。その一方で、すでに生産が行われている九州地方では、抵抗性クロマツ採種園で自然交配した実生苗木にマツノザイセンチュウ(*Bursaphelenchus xylophilus*)を接種し、生き残った苗木を出荷するシステムをとっているが、いくつかの問題が浮上してきている。一つは、接種検定に必要な大量のマツノザイセンチュウの培養や接種検定に必要な施設費、労務費がかかるうえ、接種検定で枯死する苗木のロスも大きい。もう一つは、接種検定期間の気象条件によっては苗木の生存率が変動することがあり、抵抗性苗木として

の品質が安定しない可能性がある点である。

このような問題を解決する一つの方法として、挿し木増殖の取り組みが九州地方を中心に行われるようになった(石松, 1998; 森ら, 2004)。これは、接種検定に合格した実生苗を用いて挿し木を行うことにより、接種検定を省略して抵抗性苗木の生産を安定的、効率的に行おうとするものであるが、一般にクロマツは挿し木が困難な樹種であると言われ(森下・大山, 1972)、植物ホルモンによる発根促進処理が不可欠である。現在、試験で行われている発根促進処理はIBA成分100ppmの水溶液に24時間程度浸漬する方法(石松, 1998)や、挿しつけ前にIBA1.0%粉剤を粉衣またはIBA成分4000ppmの液剤に数秒間浸漬する方法(佐々木ら, 2004; 森ら, 2004)、またこれらの処理を組み合わせた方法(後藤, 1999; 森ら, 2004)がとられている。いずれの処理においても発根促進効果が認められているが、ホルモン濃度の実験の組み合わせが少なく、最適なホルモン濃度については明らかにされていない。また、発根率の高さだけでなく、植栽に供することのできる苗木、すなわち優良苗の得苗率が高いことが重要であり、そのような観点から植物ホルモン処理の条件を決める必要がある。そこで本研究はクロ

マツ挿し木の基礎的な技術として、得苗に有利な発根促進処理条件を明らかにすることを目的に、発根率だけでなく、根系の充実度と挿し穂の上長成長について併せて検討した。

II 材料と方法

1. 材料と挿し木方法

挿し穂は山形県の林木育種園の精英樹採種園において自然交配した種子から養苗したクロマツ3年生の苗木98本から採取した。苗木を前年の6月末に剪定し、萌芽させたシュートを挿し穂として用いた。このため、本研究では発根に関する台木の系統間差については考慮していない。3月25日に穂木を5cmの長さに切揃え、針葉を上部1cm残して除去し、すぐに濃度を調整したIBA水溶液に基部を浸漬した(以下「浸漬処理」という)。浸漬してから24時間経過した翌日の3月26日に一部の処理区では市販されているIBA0.5%粉剤を粉衣(以下「粉末処理」という)して、切り返しをせずに挿しつけた。挿しつけ用土はパーライト床とし、挿しつけ時から4月末まで電熱温床により加温した。かん水は20~30分の間隔で20~30秒間、ミストで行った。挿しつけから約8ヶ月間経過した11月24日に掘り取り、発根調査を行った。

2. 試験区

植物ホルモンによる発根促進処理を以下の6処理区で検討した。

- 1) IBA濃度100mg/lに浸漬処理
- 2) IBA濃度100mg/lに浸漬+粉末処理
- 3) IBA濃度500mg/lに浸漬処理
- 4) IBA濃度500mg/lに浸漬+粉末処理
- 5) IBA濃度1000mg/lに浸漬処理

6) IBA濃度1000mg/lに浸漬+粉末処理

また、穂木の太さのばらつきがないように、穂木径が細いもの(2.0~2.9mm)と太いもの(3.0~4.9mm)に分けて各処理区とも半数ずつ挿しつけた。それぞれ3回繰り返しとし、1処理あたり90本、併せて540本を挿しつけた。

3. 発根調査

発根調査においては、調査期間内の生存率と発根率のほか、根系の充実度をあらわすため、発根した根の本数を目視で測定するとともに根の張り具合を観察した。また穂木の上長成長をあらわすため、当年に伸長した芽を観察し、ノギスを用いて長さを測定した。

III 結果と考察

1. 生存率と発根率

生存率と発根率を表-1に示す。生存率はIBA1000mg/lの最も高濃度に浸漬処理した区が若干低かったが、その他の区では80%以上と高かった。

発根率は各処理区に有意な差は認められなかったが、IBA500mg/lに浸漬し、粉末処理を組み合わせた区が最もよく、次いでIBA100mg/lに浸漬し、粉末処理を組み合わせた区がよかった。このため、IBA濃度100~500mg/lの浸漬処理と粉末処理の組み合わせが発根率では有利であると思われる。後藤(1999)の報告でもIBA成分40ppm水溶液への浸漬処理とIBA1.0%粉末処理の組み合わせが比較的高い発根率であり、同じ傾向を示す結果と言える。また、穂木径による発根率の違いは今回行った試験の径区分でも認められず、これも石松(1999)の報告と一致した。

表-1 生存率と発根率

単位：%

浸漬処理		生存率	発根率		
IBA濃度	粉末処理		穂木径 2.0~2.9mm	穂木径 3.0~4.9mm	処理計
IBA 100mg/l	なし	82.2	55.5	62.2	58.9
	あり	87.6	75.6	79.2	77.4
IBA 500mg/l	なし	81.1	71.1	60.0	65.5
	あり	87.8	82.2	82.2	82.2
IBA 1000mg/l	なし	76.7	64.5	68.9	66.7
	あり	66.7	66.7	60.0	63.3

2. 根系の形態と充実度

通常の実生クロマツの根系は直根型若しくは垂下根—杭根型に分類され、一本の太い垂下根が支持根として発達するという形態をとる（宮崎, 1957；苅住, 1979）。それでは、挿し木の場合はどのような発根形態をとるのかを調べるため、各処理区ごとに無作為に30本ずつ発根個体を抽出して、根系の形態を次の3つに分類した。

- 1) 他の根に比べて明らかに太い1～2本の垂下根がある—垂下根型
- 2) 明らかに太い垂下根は認められず、複数の斜出根が四方に張っている—斜出根四方形
- 3) 垂下根がなく、斜出根が一方方向にのみ張っており、根張りに偏りがある—鳥足型

結果を図-1に示した。垂下根型と斜出根四方形が共に39%、鳥足型が22%出現した。垂下根型に分類したのもでも実生苗とは異なる根系を示しているものがあり、また斜出根四方形の苗木が成長するに従って垂下根型の根系に変化していく可能性が考えられるため、どの型が最も良いのかを判断するためには、継続して観察していく必要がある。当然のことながら、根の本数が少ないほど鳥足型の出現率が高くなり、2本以下のものは53.8%が、4本以下のものでは43.5%が鳥足型である。

苗木が成長するに従って根の本数が増えていき、

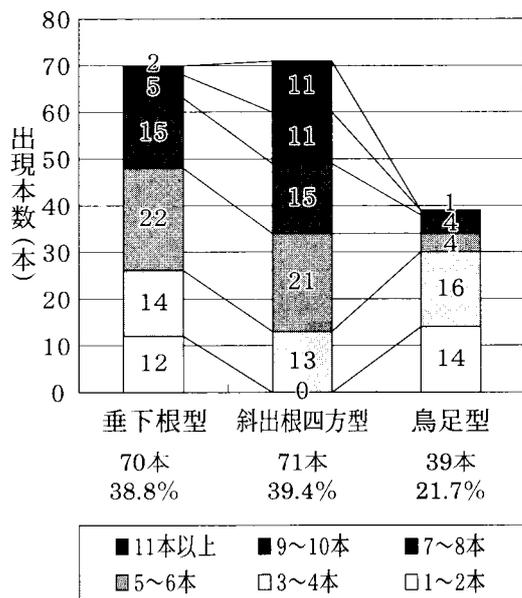


図-1 根系の形態別の根の本数と出現本数

充実した根になるのではないかという期待から、挿し木苗156本について1年目と1年間育苗ポットで養苗した2年目の根の本数を比較してみたのが図-2である。苗木の本数割合では、根の本数が増加したものが53.2%、増減なしが34.6%、減少したものが12.2%であり、根の本数の平均では4.77本から5.25本に1年間で増加していたが、それほど大きいものではなかった。よってクロマツは挿し木2年目以降の新たな発根はあまり期待できないと推測され、挿し木1年目で根系が不良のものが多ければ、そのまま得苗率の低下につながると思われる。根の本数が少ないと鳥足型の苗木の割合が多くなることから、得苗率を高めるためには、挿し木床1年目の根の本数がある程度多くなる処理を採用した方が有利と考える。

処理別の根の本数を図-3に、穂木径別の本数を図-4に示す。処理別ではIBA100mg/Lの浸漬処理のみの区が他と比べて有意に少なく、IBA500mg/Lに浸漬し、粉末処理を組み合わせた区が多かった ($p < 0.05$, U-test)。全体的には浸漬処理のみの区よりも、粉末処理を組み合わせた区の方が多くなり、この傾向は後藤 (1999) の報告でも認められている。穂木径別では太いものに比べ、有意に多かった ($p < 0.01$, U-test)。これは、発根するために消費できる穂木の養分量の違いと推測される。

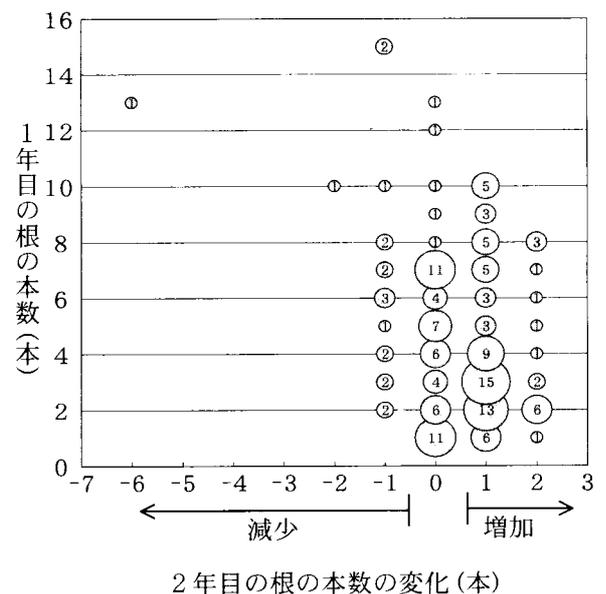


図-2 挿し木1年後の根の本数の変化
プロット内の数字とプロットサイズは苗木の本数を示す

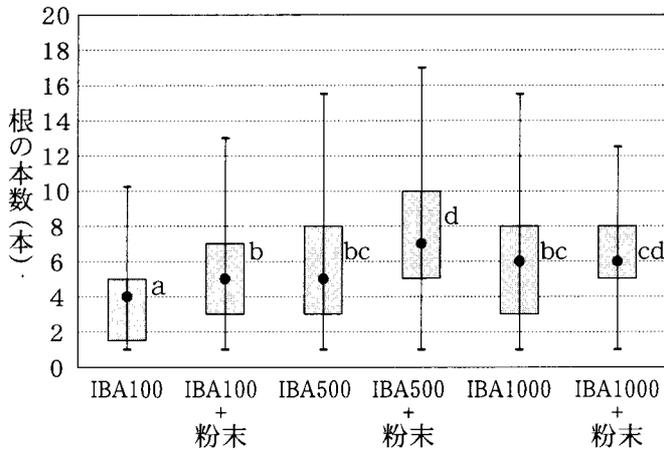


図-3 処理別の根の本数のばらつきを表した箱ひげ図

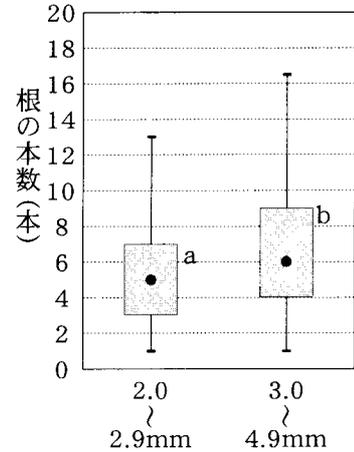


図-4 穂木径別の根の本数のばらつきを表した箱ひげ図

ボックスの中の点は中央値、ボックスの上下の範囲はそれぞれ第3四分位数、第1四分位数を示す。縦棒は中央値±1.5×四分位数間隔の範囲を示す。異なるアルファベットは有意差があることを示す (p<0.05, U-test)

3. 上長成長

挿し木においては、発根率と充実した根系を発生させることをまず優先すべきと考えるが、地上部の成長を無視すると、出荷できる苗木規格を満たすまでの養苗期間が長くなり、コスト高につながる。また極端に頂芽の成長が悪いと樹形が乱れることが考えられる。クロマツの冬芽は、早春に急激に伸長し間もなく展葉するが、挿しつけた穂木の冬芽がどの段階まで发育したかを示したのが図-5である。IBA100mg/瓶の低濃度に浸漬した区が展葉までに至った苗の割合が高く、IBA濃度が高くなるに従って芽の成長が停滞し、芽が枯死するものが増える傾向がある。次に処理別の芽の長さを図-6に、処理別穂木径別の芽の長さの

平均値を図-7に示す。前述した傾向は芽の長さから見ても同様で、浸漬処理の濃度間ではそれぞれの濃度に有意な差があった (p<0.05, U-test)。根の本数が比較的多かったIBA500~1000mg/瓶の処理区は上長成長が良くなく、根の本数が少ないIBA100mg/瓶に浸漬処理した区が芽の成長量が大きかった。これは浸漬処理のIBA濃度によって、挿し穂の持つ養分が発根と上長成長にふり向けられる割合が違ってくると考えられる。その一方で、粉末処理の有無ではいずれの濃度でも有意な差はなかった。また穂木径別では、径が太い方が有意に成長が良かった (p<0.01, U-test)。これについては根の本数と同様に、成長するために消費できる穂木の養分量の違いと推測される。

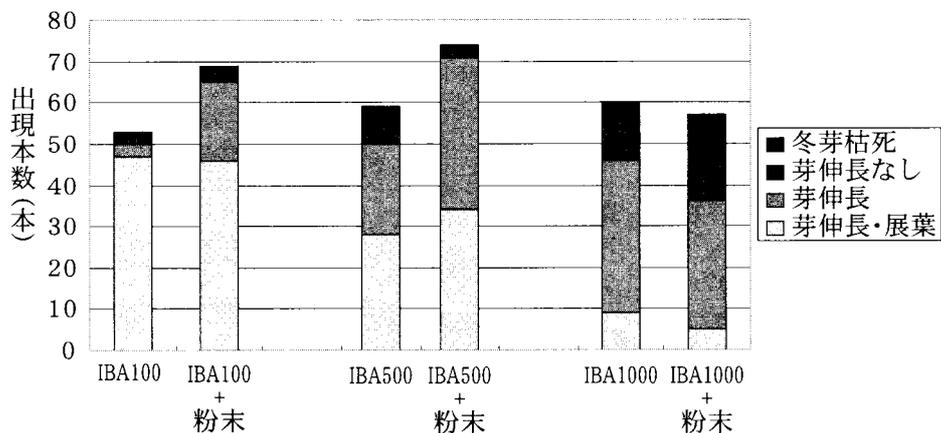


図-5 処理別の冬芽の发育段階

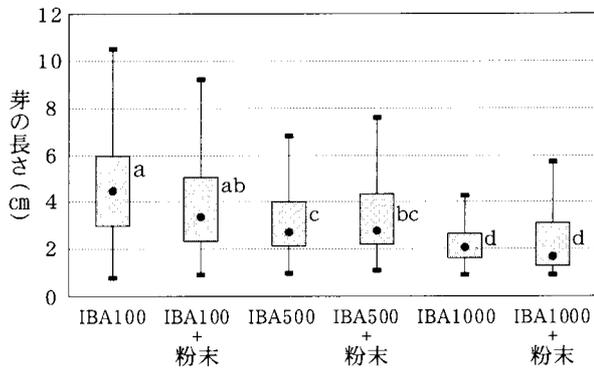


図-6 処理別の芽の長さのばらつきを表した箱ひげ図

ボックスの中の点は中央値、ボックスの上下の範囲はそれぞれ第3四分位数、第1四分位数を示す。縦棒は中央値±1.5×四分位数間隔の範囲を示す。異なるアルファベットは有意差があることを示す (p<0.05, U-test)

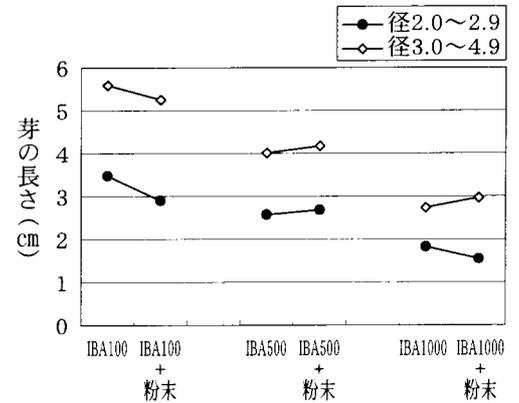


図-7 処理別穂木径別の芽の長さの平均値

IV おわりに

結果から、浸漬処理のIBA濃度は、発根率については100~500mg/Lの範囲、根の充実度は500~1000mg/Lの範囲、上長成長は100mg/Lが良かった。また、粉末処理との組み合わせは発根率と根系の充実度で効果があり、上長成長には影響がなかった。穂木径の違いにより、発根率は変わらなかったが、根系の充実度と上長成長に明らかな違いがあった。根の本数と芽の成長には負の関係が認められた。

今回行った試験の組み合わせの中で、最適な発根促進処理と考えられるのは、IBA濃度500mg/Lに浸漬処理し、粉末処理を組み合わせた処理と考えられた。しかし、この試験に用いた挿し穂は全体的に細い径のものであり、3.0mm程度以上の挿し穂を用いる場合は濃度を100mg/Lとした方が上長成長が良くなり、有利と考える。そこで、挿し穂は出来るだけ太めのものを用いることとし、IBA濃度100mg/Lに浸漬処理と粉末処理を組み合わせる方法が良い。径が3.0mm程度以下のものを用いる場合はIBA濃度を500mg/Lとして、得苗のために芽の成長よりも根系の充実を優先すべきと考える。

今回の報告では、根系が鳥足型の不良苗の割合を少なくし得苗率を高めるため、根の本数は多いほうが良いと結論づけた。しかし、アカマツ (*Pinus densiflora*) 実生苗木においては、床替えの繰り返し等によって直根を失い、側根が多くなった苗木は地上部も異常な形で成長し、頂芽よりも

側芽が優勢するいわゆる盆栽型の樹形となってしまふという指摘がある (宮崎, 1957)。クロマツもアカマツに非常に良く似た発育型であるため、得苗後の成長について、植栽試験によって検証していく必要がある。

V 引用文献

- (1) 石松誠 (1998) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖. 日本林学会九州支部研究論文集51: 47-48.
- (2) 石松誠 (1999) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木について. 林木の育種特別号, 20-23.
- (3) 苅住昇 (1979) 樹木根系図説. 1121pp, 誠文堂新光社, 東京.
- (4) 後藤晋 (1999) クロマツの挿し木増殖における発根条件の検討. 日本林学会九州支部研究論文集52: 57-58
- (5) 佐々木峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡本政則・藤澤義武 (2004) クロマツのさし木発根性に及ぼす摘葉・摘芽の影響. 日本林学会誌86 (1): 37-40.
- (6) 宮崎紳 (1957) 苗木育成法. 424pp, 高陽書院, 東京.
- (7) 森下義郎・大山浪雄 (1972) さし木の理論と実際. 367pp, 地球出版, 東京.
- (8) 森康浩・宮原文彦・後藤晋 (2004) クロマツのマツ材線虫病抵抗性種苗生産における挿し木技術の有効性. 日本林学会誌86 (2): 98-104.