

6 巻き枯らし（環状剥皮）を用いた雑木林のビオトープ創出と 樹林管理手法の検討

前河正昭*

巻き枯らし（環状剥皮）を用いた雑木林のビオトープ創出と樹林管理手法について、甲虫類の誘致、萌芽更新およびきのこ生産の可能性の観点から検討した。大径木林への誘導を目的とした間伐代替試験地では巻き枯らした樹木の萌芽更新は不良であったが、植菌したきのこの活着は良好であり、1年半の試験において子実体の発生が確認された。小面積皆伐および巻き枯らしの高さを2 m以上とした台木更新試験地では、ミズナラ、クリの生残率は高く萌芽更新は良好であった。また、巻き枯らし部位より上部で植菌したきのこの活着も認められた。多くの巻き枯らし試験地では、樹液の浸出や樹勢の衰退とともに、スジクワガタなどの小型の樹液食甲虫や、クロナガタマムシやゴマフカミキリなどの衰弱木や枯れ始めの木を穿孔する甲虫類を誘致でき、甲虫ビオトープとして機能することが判った。今後はこれらの試験地では巻き枯らした樹木の枯損、腐朽の進行とともにカブトムシやノコギリクワガタなどの大型の甲虫類の誘致も進むと推察される。巻き枯らしにより形成される雑木林ビオトープは、甲虫類の誘致という生態系サービスだけでなく、きのこ生産という特用林産機能も発揮できる可能性があることから、里山が本来有している、多面的な機能の発揮も期待できるものと考えられる。

キーワード：巻き枯らし（環状剥皮）、雑木林ビオトープ、萌芽更新、植菌、里山再生

1 はじめに

里山の保全という目的を達成するためには、里山に生息する生物種の生息空間を保全するという「野生生物の保全」ないし「ビオトープ管理」という視点に加えて、雑木林の定期的な伐採によって人間が燃料革命以前まで維持してきた萌芽更新管理という「人為的な攪乱体制の保全」という視点が重要である。

本報の第一の目的は、この「野生生物の保全」と雑木林にかつて成立していた「人為的な攪乱体制の保全」を両立するための具体的な森林管理の新しい手法を提示することである。また第二の目的はその森林管理の手法で実際にどの程度、野生生物の保全が可能か、森林の更新が可能かを検証することである。

カブトムシやクワガタムシは里山に生息する典型的な生物種群の一つであり、里山にアメニティ（昆虫採集や自然観察、癒しなど）を求める人間にとっても欠くことのできない重要な存在である。しかし、里山の樹木の樹液を食べる、これらの昆虫（樹液食甲虫類）の多くは、主に、害虫でも益虫にも属さないという理由から、公的機関の調査対象には取り上げられてこなかった。そのため、これらの甲虫類の生息を保証するためには、どのような二次林の管理が必要か、どのようなビオトープを効率的に作れば良いのかについても実証的な技術開発が遅れている

のが現状である。

以上より、本報では、里山の典型性を指標と言われるこれらの樹液食の甲虫類を対象として、ビオトープ創出となるような二次林の管理方法を、巻き枯らし（環状剥皮）、および、キノコの菌床の植菌という技術を軸として考案し、野外実験を行い、実際に、そのビオトープにどのような甲虫類の誘致効果が見られるかを検証することとした。

巻き枯らしによる間伐手法は、鋸谷・大内ら¹⁾の施業技術マニュアルの提唱以降、現在、針葉樹植林地の省力的な森林管理の手法（間伐の代替手法）として多くの都道府県で森林事業として採用されは始めている。しかし、雑木林を対象とした巻き枯らしによる樹林管理についてはまだ試験研究の段階にあり、その研究事例もまだ少ない^{2), 3)}。本報で示す施業技術は、鋸谷ら¹⁾が針葉樹植林地を対象として考案した技術を参考にしながら、広葉樹主体の雑木林を対象にした省力的な森林管理の手法開発をめざすものと位置づけられる。

本調査を遂行するにあたり、試験地整備に際しては、個人所有の里山、NPO法人が地権者と管理協定を結んでいる里山などを対象として、それらの各人、各団体の了解、協力を得ながら整備を進めた。NPO信州フォレストワーク、日本昆虫協会長野支部、長野市在住の高橋忠廣氏および中野市在住の小

* 長野県環境保全研究所 自然環境チーム 〒381-0075 長野市北郷2054-120

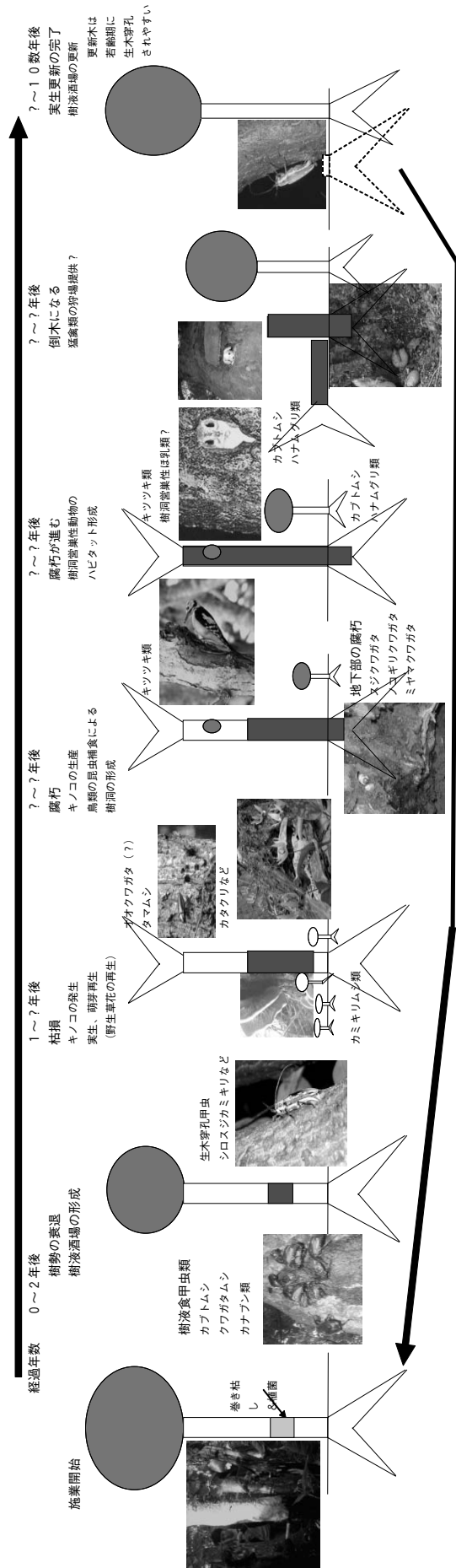


図1 巻き枯らししによるビオトープ機能とその時系列に沿った機能の変化

林宏善氏には試験地設定において多くのご協力をいただいた。現地調査では研究ボランティア、研究協力員およびC.W.ニコル・アファンの森財団ボランティアの協力をいただいた。長野県野菜花き試験場の伊藤将視研究員には試験材料を提供いただいた。ここに深謝します。

2 調査地・方法

2.1 雑木林ビオトープ試験の概要

雑木林ビオトープとは、ここでは雑木林の広葉樹に対して巻き枯らし（環状剥皮）を行い、樹林を更新させる過程において形成される、生物の誘致空間と定義する。図1は巻き枯らしによるビオトープの効果とそのビオトープ機能が時間とともにどう推移するかを示した模式図である。立ち枯れ木と林冠ギャップを林分内に意図的に創り出すことによってもたらされるビオトープ効果についてはおおむね図1のような効果が期待される。すなわち、里山の主要構成樹種である、コナラやミズナラで巻き枯らしをすれば、巻き枯らしした部位より上部については、必ず数年のうちには枯損する。木が枯れるまでの間には樹液が滲出するので、樹液食の甲虫類やチョウ類を誘致することとなる。木が枯れれば、植菌したキノコの菌か、あるいは野生のキノコ（白色腐朽菌ないし褐色腐朽菌）が材を腐朽させることとなる。枯れ始めから枯損、腐朽のそれぞれの腐朽段階に応じて、枯れ木ないし朽ち木はカミキリムシ類、タマムシ類、クワガタムシ類、カブトムシ類、ハナムグリ類の産卵木として利用される。

また、腐朽木内に侵入したこれらの幼虫は、より生態系の上位にあるキツツキ類などの餌になり、それによって、やがて樹洞が形成されると予測される。樹洞ができれば、それを営巣場所とする鳥類、哺乳類なども誘致されることとなるだろう。

腐朽木が、折損するか朽ちはてて無くなる頃には、巻き枯らし部位より下部が生き残った場合には萌芽によって、また、下部も枯損した場合には実生由来の若木によって森林が再び更新し、その場にできた林冠ギャップを埋めてゆくことが期待される。

この雑木林ビオトープにおいて誘致目標となる生物種は、生木から出る樹液を餌資源に利用するもの（カブトムシ類、クワガタムシ類、カナブン類、ハナムグリ類など）、立ち枯れ木ないし、腐朽倒木の腐朽材を餌資源として利用するもの（前述の種群に加えて、カミキリムシ類、タマムシ類など）や、立ち枯



図2 立木への植菌方法 A, B キノコ菌床と移植器 C 植菌の状況

表1 各試験地の整備方法と施業のねらい

No	施業方法	従来の施業技術	施業のねらい	試験地	主要樹種	整備年月
1	単木巻き枯らし	間伐	大径木林への誘導	小川村小根山	コナラ	04, 7
				信濃町野尻	コナラ	03, 6
				長野市飯綱1	ミズナラ、 クリ	03, 10
2	全幹巻き枯らし	小面積皆伐	実生更新の誘導	長野市飯綱2	ミズナラ、 クリ	03, 10
3	高位置全幹巻き枯らし	小面積皆伐&台木更新	台木林への誘導	長野市飯綱3	ミズナラ、 クリ	03, 10
				中野市草間	クスギ、 コナラ	04, 11

れの後に形成される樹洞を営巣場に利用するもの（樹洞営巣性の鳥類、ほ乳類）まで広範囲にわたる。

しかし、このような、巻き枯らしによって展開されるであろう樹林の更新のサイクルの中で、今回の報告で検証可能なものは、樹液酒場の形成、樹木の枯損状況（萌芽再生の状況を含む）およびキノコの活着状況までである。

樹洞形成に伴う鳥類、ほ乳類の誘致効果や、樹木の実生更新についての検証には、これからまださらに数年ないし十数年の時間が必要であり、今後の課題としたい。

2.2 調査地

雑木林ビオトープは、2003年から2005年にかけて、長野市飯綱に3箇所「長野市飯綱1、長野市飯綱2、および長野市飯綱3」、小川村小根山、信濃町野尻、中野市草間の計6箇所で開催を行った。試験地設定に際しては、甲虫のためのビオトープ創出という観

点に加えて、広葉樹二次林の林分管理という観点から、複数の施業技術を採用した。

すなわち、大径木林への誘導という観点からは、一本おきに樹幹を巻き枯らしして、間伐の代償行為となるような施業を行った（長野市飯綱1、小川村小根山）。実生更新の誘導という観点からは、林分内の全部の幹を巻き枯らしにして、小面積皆伐の代償行為となるような施業を行った（長野市飯綱2）。台木状の樹型を誘導して、薪炭やきのご原木の集約的な生産をねらうという観点では、2m以上の高い位置で巻き枯らしを行い、台木更新の代償行為となるような施業を行った（長野市飯綱3、中野市草間）。また、複数幹がある樹木については、そのうちの1幹を巻き枯らししないで保残した。これは、樹木の生存率を高めるように配慮したものである。それぞれの施業方法のコンセプトについて表1に示す。

2.3 各調査項目

各調査項目について、次のように計測を行った。

- 1) 甲虫類のマーキング調査：夏期に、樹液ないし、樹勢の弱った木に誘引される甲虫類を対象に、採集を行った。捕獲した個体には、小型の電動ルーターを用いて、鞘翅にID番号を刻印した。
- 2) 萌芽更新調査：巻き枯らしした樹木個体毎に、萌芽の発生量を調査した。発生している萌芽ごとに、その発生した地上からの高さ、萌芽枝の長さについて計測した。枯死している萌芽については、計測の対象からは除外した。
- 3) 菌類活着調査：目視によるきのこ（子実体）の発生状況の確認を行った。きのこが発生していない場合には、植菌部位をナタで削り、樹木内

部に移植した菌床が活着しているかどうかを目視により判定した。

これらの調査項目のうち、2) 萌芽更新調査と3) 菌類活着調査については、小川村小根山と長野市飯綱3の2地区について結果報告を行う。

3. 結果

3.1 甲虫類の誘致効果

各試験区における甲虫類の種組成と捕獲数を表2～表6に示す。

長野市飯綱1：施業の当年には樹液食のスジクワガタが多く出現した。その2年後には、ウスイロトラカミキリ、ゴマフカミキリなども出現している。これは巻き枯らし木が枯損し、これらの甲虫類の産卵

表2 長野市飯綱1における甲虫類

合計/頭数 種名	調査年		総計
	2003	2005	
ウスイロトラカミキリ		3	3
カブトムシ	1	1	2
クロナガタマムシ		1	1
ゴマフカミキリ		3	3
スジクワガタ	35	9	44
総計	36	17	53
出現種数	2	5	5

表4 小川村小根山における甲虫類

合計/頭数 種名	調査年		総計
	2004	2005	
アオカナブン	7		7
エゴヒゲナガゾウムシ	1		1
オオヒラタエンマムシ	6		6
カブトムシ	1		1
クリアアナキゾウムシ	1		1
クロナガタマムシ	1		1
スジクワガタ	47	14	61
ビロウドカミキリ	1		1
ミヤマクワガタ	3	2	5
総計	68	16	84
出現種数	9	2	9

表3 長野市飯綱2および3における甲虫類

合計/頭数 種名	調査年		総計
	2004	2005	
アカハナカミキリ	4		4
アカマダラコガネ		1	1
ウスイロトラカミキリ	6		6
カブトムシ	5	1	6
キノコヒゲナガゾウムシ	1		1
クビカクシナガクチキムシ	1		1
クロナガタマムシ	22	1	23
コフキゾウムシ	1		1
ゴマダラカミキリ		1	1
ゴマフカミキリ	7	2	9
シラホシカミキリ	1		1
スジクワガタ	15	4	19
トガリバアカネトラカミキリ	2		2
ノコギリクワガタ	1		1
ヒメアカハネムシ	1		1
ブドウトラカミキリ	2		2
ミヤマクワガタ	1	1	2
総計	71	11	82
出現種数	15	7	17

表5 信濃町野尻における甲虫類

合計/頭数 種名	調査年			総計
	2003	2004	2005	
スジクワガタ	44		3	47
コクワガタ	1			1
ゴマフカミキリ	1			1
総計	46	0	3	49
出現種数	3	0	1	3

表6 中野市草間における甲虫類

合計/頭数 種名	調査年 2005
カブトムシ	2
スジクワガタ	1
コクワガタ	1
ノコギリクワガタ	1
総計	5
出現種数	4

木として機能していることを示唆している。

長野市飯綱2および3：長野市飯綱2および3は互いに100m以内の近接した所にあるためひとまとめの結果とした。ここでは、長野市飯綱2の施業後翌年の2004年にはクロナガタムシが最も多く出現し、その他の枯れ始めの木に集まるカミキリムシ類も多くの種類が出現した。2005年も樹液食、枯れ木食の甲虫が共に出現しているが個体数は減少した。

小川村小根山：施業当年と1年後の2005年ともにスジクワガタが優占していた。ミヤマクワガタ、アオカナブンも捕獲されているが、これは巻き枯らし実施地点から30m離れた、森林の林縁部に設置した糖蜜トラップで捕獲されたものであり、ビオトープ内部ではこれらの種は捕獲されていない。なお、甲虫類以外で特筆すべき種として、オオムラサキ2頭が2004年に糖蜜トラップにおいて捕獲されている。したがって、巻き枯らしによる樹液滲出の効果が高ければ、このような樹液食の昆虫も誘致できる可能性があることがわかる。

信濃町野尻：ここでは施業の当年はスジクワガタが多数捕獲できたが、1年後の2004年には樹液の出が悪くなるとともに、全く何も捕獲できなくなった。しかし、2005年には一部の巻き枯らし木でカミキリ

ムシによる穿孔と思われる樹液の滲出が巻き枯らし木1本にだけ再び見られ、わずかにスジクワガタが捕獲できた。

中野市草間：施業後翌年に1回限りの調査であったが、カブトムシやクワガタムシ類が偏りなく出現した。クヌギの樹液の出が特に良く、全ての個体はクヌギの樹液で採集したものであった。他の多くの試験地で、スジクワガタなどの小型の甲虫類しか出現しない中で、大型の甲虫が出現しているが、これは、試験地の外で発生源となる堆肥の山や腐朽木が存在するためと考えられる。

3.2 萌芽更新状況

間伐代替試験地における萌芽発生状況

小川村小根山における主要樹種コナラ、ミズナラ、カシミザクラの萌芽更新の結果（樹幹1本あたりの萌芽長合計の頻度分布）を図3に示す。

ここで横軸の萌芽長合計が0の階級は、萌芽が全く発生せずに枯損した個体数を示すものである。コナラ、ミズナラともに大部分が萌芽更新することなく枯損していた。しかし、カシミザクラは一部の個体で胴吹き状に萌芽を多数再生していた。

間伐のような配置で巻き枯らしをした場合には、

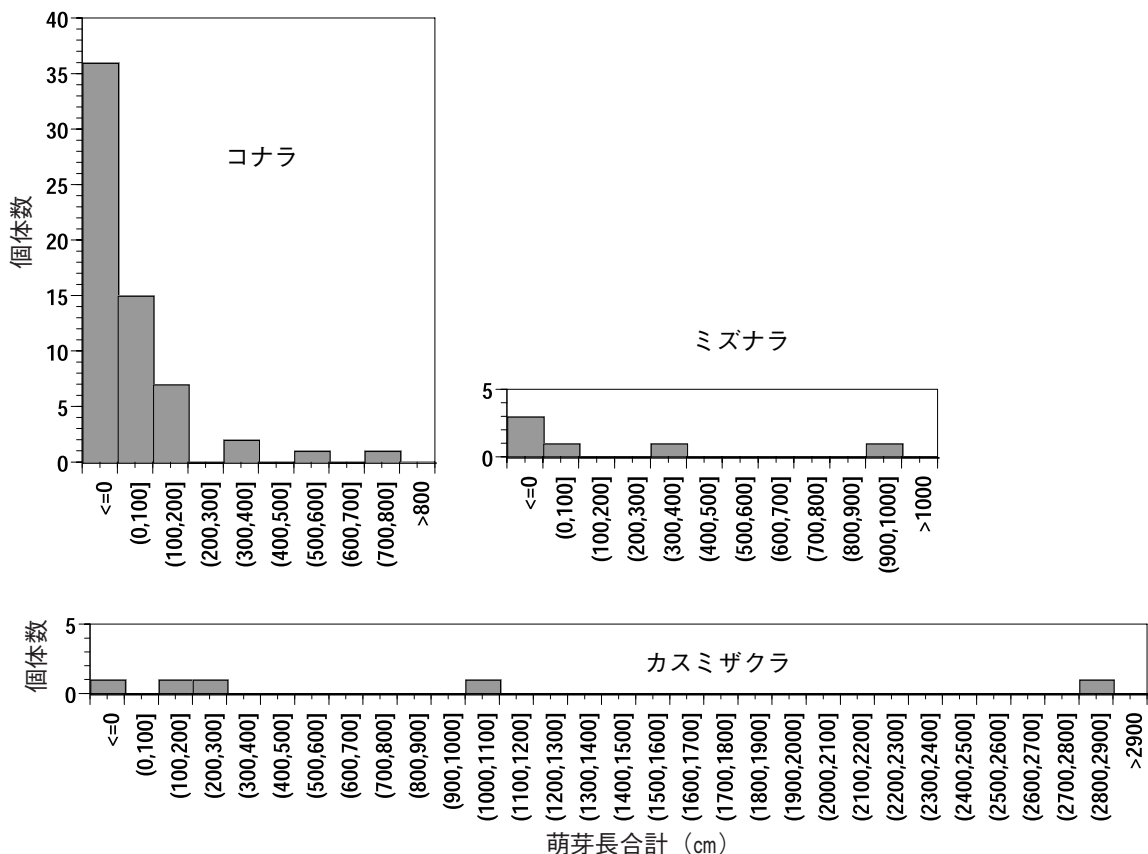


図3 代替間伐試験地における樹木1個体あたりの萌芽長合計

樹木の萌芽再生は不良であり、枯損に至りやすいということがあらためて確認された。これは単木での巻き枯らしのために、林冠ギャップのサイズが小さく、光量不足により、萌芽更新が不良になるものと思われる。

台木更新試験地における萌芽発生状況

長野市飯綱3における主要樹種クリ、コナラ、ミズナラの萌芽更新の結果（樹幹1本あたりの萌芽長合計の頻度分布）を図4に示す。

この試験区は、施業後11ヶ月における計測結果であり、コナラ、ミズナラはまだ上部の樹冠は枯損していない状態であった。しかし、クリについては枯損していた。樹幹1本当当たりの萌芽長合計は、クリ、ミズナラとも0～500cmクラスで個体数が多いが、

最長で4,500～5,000cmの個体も存在した。1幹あたりの萌芽発生本数はクリで最大100本、ミズナラで55本と非常に多かった。

3.3 植菌の効果

間伐代替試験地における菌の活着状況

小川村小根山における植菌試験の結果を表7に示す。

ここでは、エノキタケ、カワラタケ、ナメコ、ウスヒラタケを2004年5月に植菌し1年半を経て、いずれの菌種についても子実体の発生が確認できた。子実体の発生状況を図5に示す。このように、間伐の代替として巻き枯らしした樹木に植菌することによって、立ち枯れの状態のままでもキノコ原木として有効利用できる可能性が示された。

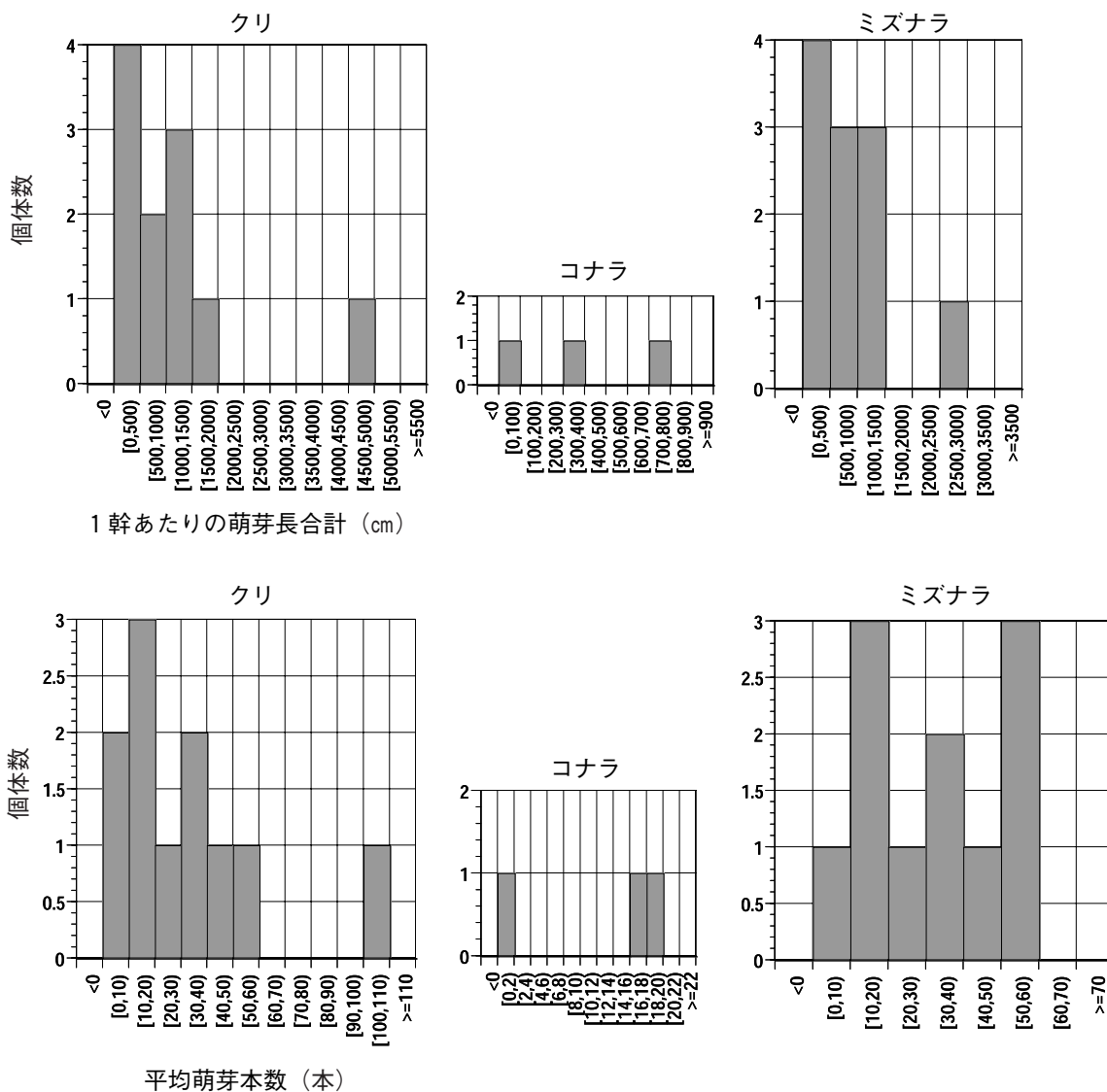


図4 台木更新試験地における樹幹1本あたりの萌芽長合計および平均萌芽発生本数

台木更新試験地における菌の活着状況

長野市飯綱3における植菌試験の結果を表8に示す。

ここではエノキタケ、ヒラタケ、カワラタケ、マスタケ、ムキタケ、ウスヒラタケ、ヤマブシタケの計7種について2005年1月に植菌し11ヶ月後の2006年12月に活着を確認した。調査期間が1年に満たないものの、子実体の発生はクリの枯損した樹幹においてヒラタケで1例のみだが確認できた。その

他の種は子実体の発生はないが、いずれも活着が確認されている。クリは巻き枯らし後は1年以内に上部が枯死しており、キノコによる腐朽も早く進行しやすいことが示唆される。

4. 考察

巻き枯らしで維持される甲虫群集

多くのビオトープ試験地で生息しているのはスジクワガタ、クロナガタマムシといった小型で地味な

表7 代替間伐試験地におけるキノコの活着状況

樹種	菌種	子実体発生	活着状況		
			活着	不活着	活着率
クリ	エノキタケ			1	0.0
	カワラタケ	1			100.0
	ナメコ	2		1	66.7
	ウスヒラタケ		2		100.0
コナラ	エノキタケ	1		3	25.0
	カワラタケ	1	6		100.0
	ナメコ	3	5	13	38.1
	ウスヒラタケ	1	6	1	87.5
ミズナラ	エノキタケ			1	0.0
	カワラタケ		1		100.0
	ウスヒラタケ		2	1	66.7
カスミザクラ	カワラタケ	1			100.0
	ナメコ		2		100.0
	ウスヒラタケ			1	0.0
ウリハダカエデ	ナメコ		1		100.0
	ウスヒラタケ		1		100.0
ヤマナラシ	エノキタケ			1	0.0
イヌシデ	ナメコ		1		100.0
オオモミジ	エノキタケ			1	0.0



図5 植菌したキノコの子実体発生（ナメコ）

表8 台木更新試験地におけるキノコの活着状況

樹種	菌種	活着	不活着	計	活着率(%)
クリ	エノキタケ	0	1	1	0
	ヒラタケ	2	1	3	67
	カワラタケ	1	0	1	100
	マスタケ	1	0	1	100
	ムキタケ	1	0	1	100
	ウスヒラタケ	2	0	2	100
	ヤマブシタケ	0	1	1	0
コナラ	エノキタケ	1	0	1	100
	ヒラタケ	1	0	1	100
	カワラタケ	1	0	1	100
	マスタケ	0	1	1	0
	ムキタケ	1	0	1	100
	ウスヒラタケ	1	0	1	100
	ヤマブシタケ	0	1	1	0
ミズナラ	エノキタケ	0	1	1	0
	ヒラタケ	—	—	—	—
	カワラタケ	1	0	1	100
	マスタケ	0	2	2	0
	ムキタケ	2	0	2	100
	ウスヒラタケ	1	0	1	100
	ヤマブシタケ	1	1	2	50

甲虫ばかりで、カブトムシなどの大型の甲虫類の捕獲数は概して少なかった。これは、里山が放棄されている現在では、大型甲虫の発生に十分な朽木資源が、雑木林内部では供給されていないことを示唆している。しかし、今回の実験で巻き枯らしした樹木が数年後に実際に腐朽し、立ち枯れないし倒木になった段階で、より大量の腐朽材を幼虫の餌資源として必要とするノコギリクワガタ、ミヤマクワガタやカブトムシといった大型の甲虫類が林内で発生する環境は次第に整っていくことが期待される。いずれにしても、巻き枯らしという行為で人為に形成されたビオトープがどのようにその機能を変化させていくか、どのような生物を誘致するかを確かめるためには、長期的な生物相のモニタリングの体制を確立する必要があるだろう。

LTER (Long Term Ecological Research Network) という、生態学的調査を主体とした長期的なモニタリングのための国際共同プロジェクトが、大学等の学術機関を主体に国内の各地で実施されている⁴⁾。本報で示してきたような、雑木林ビオトープの創出行為は、樹木の更新に関わる、ある種の野外操作実験とも位置づけられ、LTERのモニタリングプログラムの1種としても汎用性は高いと考える。

巻き枯らしによる萌芽更新管理の可能性

台木更新試験地においては、1幹あたりの萌芽発生本数はクリ、ミズナラともに50本を超える個体があり、非常に萌芽の発生が盛んであり、樹木の生残率は高かった。ただし、試験期間がまだ2年未満と短いだけに、この結果だけでは、まだこの試験区で目的としている台木更新が成功するかどうかは現時点では判断できない。しかし、間伐代替試験区の結果に比べれば、この台木更新試験地における萌芽の更新状況ははるかに良好と言える。これは通常の巻き枯らしと異なり、高さ2m以上の位置で巻き枯らしを行っていることや、複数幹があるうちの1幹を巻き枯らしせずに残していることなどにより、樹木が枯損せずに萌芽が発生しやすい環境が維持されているものと考えられる。

巻き枯らしは、通常は、その文字どおり木を枯らすのが目的で行われる行為である。しかし、巻き枯らしの高さを2m以上という高い位置に調節することで、萌芽更新を誘導できる可能性が今回の実験から示された。現在、これらの萌芽が樹幹から多数発生した状況は、林業用語で言うところの胴吹きという状態に近く、林業的な価値観、樹木を木材として収穫すべきものという価値観から言えば、形質良好

な樹木をわざわざ形質不良木に誘導するという「ばかげた」行為ということになる。しかし、伐採行為を伴わない、省力的な樹木の更新技術の確立が、本実験の目的の一つであり、その観点からは、今回の実験は、従来の林業的な評価がどうであれ、ねらい通りの結果が得られていると評価できる。なお、今後は萌芽枝の間引き（芽かき）を行うなど、萌芽更新のための補助作業を行うことによって、台木状の樹型への誘導をより確実にすることができると考えられる。

長野市戸隠高原などの多雪地にあるミズナラには、2 m以上の高い位置から多数の幹を出す、「あがりこ」という樹型の個体が多くみられる。これらは、冬から春先にかけて2 m以上積雪した高い位置で少数の幹を残しながら伐採を繰り返し、萌芽更新によって形成された樹型である。本報で実施した、台木更新の試験は、その従来行われてきた樹型管理を、巻き枯らしという行為で代償しようとするものと言える。

本報で示した、巻き枯らしを用いた台木更新の技術は、長野県外に分布する、貴重性の高い里山においても応用可能である。たとえば山梨県韮崎市周辺や、大阪府北摂地方に分布する、台場くぬぎの林分はオオクワガタの生息地として知られ、少なくともクワガタ愛好家の中では、全国的にも重要な里山のブランドとして認知されている。このような里山においても、台場くぬぎは長期間伐採されずに放置され、多くの個体は大径木化しており、樹木の管理は困難となっている。このような台場くぬぎの林分においても、安全、かつ省力的に、台木樹型を維持し、樹林を更新させるためには、高い位置での巻き枯らしが有効な手段になると思われる。

植菌による特用林産・多目的利用の可能性

植菌試験の結果からは、代替間伐試験地において

は施業後1年半を経て、植菌したきのこの子実体の発生を確認することができた。また台木更新試験地においても、枯損の早かったクリにおいてヒラタケ子実体の発生が確認できた。今後、いずれの試験地も、巻き枯らしを行った樹木の腐朽の進行とともに、キノコの発生量（収穫量）は増加していくと予想される。

通常キノコの林内における原木栽培においては、広葉樹を伐採し、さらに、1m前後の長さのほだ木に玉伐りし、林内に組み置きし、場合によっては照度管理のために寒冷紗を設置するなど、非常に多くの手間と労力がかかるものである。しかし、本試験においては、樹木の伐採も玉切りも不要であり、単に、樹木を巻き枯らして、同時に菌の植菌を行うだけで、キノコの生産が可能となっているという点は特筆すべきであろう。このように巻き枯らしによる樹林管理は、甲虫類のビオトープ創出という生態系サービスだけでなく、キノコ生産という高付加価値の特用林産機能も得られる可能性がある。また、アグロエコロジー（生態学的な農業技術）や、アグロフォレストリー（農業と林業を同一の場所で行う技術）の1種としても、有用な資源管理技術になり得ると考える。

引用文献

- 1) 鋸谷 茂・大内正伸 (2003) これならできるやまづくり 人工林再生の新しいやり方. 153pp, 農文教.
- 2) 山瀬敬太郎 (2004) 夏緑二次林における高木環状剥皮枯殺後の草本層植生の変化とコナラ稚樹の消長. ランドスケープ研究 22: 555-558.
- 3) 紙谷智彦 (1996) 更新の技術. 亀山 章編「雑木林の植生管理～その生態と共生の技術～」152-157.
- 4) Japanese Ecosystem Research Network (2005)
<http://www.jern.info/j/aboutus.html>