

ヒノキの巻枯らし間伐実証試験

Girdling method demonstration examination of *Chmacyparis obtusa*

浅野浩之・金澤好一*・小野里光・鶴淵恒雄**・綿貫邦男***

巻枯らし間伐の現地適応化の可能性について調査研究を行ったところ、その結果は以下のとおりである。

- 1 ヒノキの巻枯らし施工は、樹皮剥ぎが容易なものと困難なものがある。
- 2 ヒノキは巻枯らし処理後 24 カ月経過すると、大部分の個体で赤褐色化した針葉が落葉し、樹冠に着葉のない状態になる。
- 3 ヒノキの巻枯らし処理木の含水率は、処理後 19 カ月経過時に、地際部をのぞき 20%～25%にある。
- 4 ヒノキの巻枯らし間伐の樹皮剥離は、木部（辺材部）を直接外気に曝すことにより、機能の高い辺材外周部の仮道管にキャビテーションによる通導障害を発生させ、その結果、処理木が枯死に至るものと考えられる。
- 5 剥皮処理後 4 年経過したヒノキを伐倒したところ、5 本中 4 本にかかり木が発生し、うち 3 本は倒伏するために牽引具による牽引が必要で、牽引時に樹幹中間付近に幹折れが発生した。同様に通常木を巻枯らし木にかかり木にし、牽引したところ、巻枯らし木に幹折れが発生した。
- 6 スギの巻枯らし間伐において、早期に間伐効果を得るためには、環状剥離幅を考慮する必要がある。

キーワード：巻枯らし間伐、含水率、幹折れ

I はじめに

群馬県民有林の人工造林面積は約11万1000haで、人工林率は49%である。保育間伐が必要な5令級以下の林分では、ヒノキ林の面積がスギ林の面積を上回っているため、今後はヒノキ林の要間伐面積が増加していくと考えられる。

特に、ヒノキ林においては間伐が遅れると、下層植生が喪失し、土砂の流出等森林の公益的機能が低下すると懸念されている。

一方、ヒノキ林における間伐作業では、かかり木が頻発するため、作業の危険性が高く、労働生産性も低い状況にある。現場作業員は労働生産性を確保するために、元玉切り、折り倒し等の危険な作業を余儀なくされ、林業労働災害の一因となっている。

巻枯らし間伐（樹皮の環状剥皮）は立木を枯死させることにより立木本数を調整する。伐倒を実施しないため、間伐作業の安全性と労働生産性が確保できるとされている。確かに、間伐作業が巻枯らしのみで、完了することができれば、安全性、効率性とも確保できる。

*緑化推進課 **藤岡環境森林事務所 ***中之条行政事務所

しかし、多数の枯死木を林分に残しておくことで、幹折れ等による人的被害や病虫害発生の危険性が長期間続くことが懸念される。

そこで、ヒノキ林における巻枯らし間伐を一般的な施業へ適否について調査を行った。スギについても巻枯らし試験を実施した。

なお、本研究は林業普及部門からの依頼により実施した。

II 方法

1 調査地の概況

調査は、群馬県安中市の群馬県林業試験場安中実験林(標高約 600 m)及び林業試験場場内試験林(標高約220m)において実施した。調査地の概況は、表-1 のとおりである。

表-1 調査地の概況

区 分	調査場所	樹種	齢級	立木密度 本/ha	間伐率 %	平均樹高 m	平均直径 cm	剥皮時期	
巻枯らし調査	施工調査	安中実験林	ヒノキ	5	1975	40	15.9	17.5	2004年9月7日
	間伐効果調査	安中実験林	ヒノキ	6	1200	33	16.4	19.9	2003年9月25日
	間伐効果調査	林業試験場	スギ	7				18.4	2004年4月30日
									2004年7月20日
								2006年4月26日	
伐倒調査	ヒノキ区	安中実験林	ヒノキ	6	900	50	14.8	17.2	2004年9月2日
	通常木区	安中実験林	ヒノキ	6	900	50	16.5	15.4	2004年9月2日
	対照区	安中実験林	スギ	7	900	50	18.5	19.5	2003年9月25日

2 ヒノキ林における巻き枯らし間伐の施工に関する調査

安中市実験林内において巻枯らし間伐の施工に係る調査を実施した。調査は、2004年9月7日に行った。巻枯らし間伐の方法は、樹皮が簡単に剥げる時期には、最も効率がよい方法である「一定の幅で樹皮を剥ぐ」巻枯らしとした。選木が終了し、間伐木対象木が明示されている調査林分で、3名の調査者が、10本の剥皮を行って、その時間を計測した。また、それぞれ1本ずつの移動、準備及び処理時間を計測し、作業の内容も観察した。

3 ヒノキ林における巻枯らし間伐の効果に関する調査

安中市実験林の巻枯らし間伐試験地において調査を行った。この林分の巻枯らしは「一定の幅で樹皮を剥ぐ」方法の他に「ナタにより形成層を切断する」方法も行われている。

調査は巻枯らし間伐処理木を30本選定し、地上から樹冠を目視して、その状況を表-2の指標により評価した。調査は2004年4月から2005年9月まで6回実施した。

表-2 巻枯らし間伐木枯死評価の指標

枯死指数	樹冠の状況	評価の目安
0	変化なし	
1	若干変化が見える	10%以下葉の赤褐変
2	明らかに変化が見える	10~50%葉の赤褐変
3	樹冠において赤褐色が優占する	50~90%葉の赤褐変
4	樹冠のほとんどが赤褐色に見える	90%以上葉の赤褐変
5	落葉	80%以上葉の落葉

4 ヒノキ林における巻枯らし処理木の含水率

安中市実験林の巻枯らし間伐試験地において調査を行った。2003年9月25日及び2004年9月7日に巻枯らし間伐を施行したヒノキ林分で実施した。

ヒノキ30年生の林分から巻枯らし処理後19カ月を経過した2005年5月10日に、ヒノキを3本、巻枯らし処理を行っていないヒノキ（以下「対照木」）一本を伐採し、地際部分と高さ2mごとに、5cm程度の厚みで樹幹断面の円盤（以下「円盤」）を採取した。また、ヒノキ27年生の林分から、処理後8カ月経過した処理木、対照木を各1本伐採し、前記と同様の方法で樹幹断面の円盤と頂端の枝葉、樹皮剥離部分の円盤を採取した。さらに、処理後11カ月経過した2005年8月3日に、処理木3本と対照木2本を伐採し、前記と同様の方法で円盤を採取した。採取した円盤等は生重を計測し、JIS Z 2101の方法により含水率を計測した⁴⁾。処理後8カ月経過の巻枯らし処理（樹皮剥離）部分の円盤は辺材の外周部分が明らかに白色に変色していたので、この部分とほかの辺材部、心材部に切り分けて含水率を計測した。比較を行うために、処理木の地上高2m部分の円盤と対照木の円盤についても、処理木に対応できるように辺材部の外周部分を2cm程度の幅で環状に切り分けて含水率を計測した。

5 スギ林における巻枯らし間伐効果に関する調査

林業試験場場内試験林（標高約220m）のスギ林分において、表-1のとおり巻枯らし間伐処理を行った。環状剥離幅、供試木の状況については表-3のとおりである。スギ林分は、北向き斜面に位置し、植栽は、1976年に実施されている。

巻枯らし間伐処理木を、地上から樹冠を目視して、その状況を表-1の指標により評価した。調査は、2004年4月～2009年1月まで18回行った。

表-3 供試木の環状剥離幅

処理年月日	樹種	番号	胸高周囲長(cm)	環状剥離幅(cm)	胸高直径(cm)
2004.4.30.	スギ	1	62	47	19.7
		2	57	27	18.0
		3	65	30	20.7
2004.7.20.	スギ	1	54	32	17.0
		2	51	30	16.2
		3	61	30	19.4
2006.4.26.	スギ	1	52	200	16.6
		2	60	200	19.1
		3	65	200	20.7
		4	47	100	15.0
		5	55	100	17.5
		6	55	100	17.5
		7	54	50	17.2
		8	70	50	22.3
		9	58	50	18.5

6 巻枯らし間伐木の伐倒調査

調査は2008年9月24日に行った安中実験林で実施した。調査地の概況は表-1のとおりである。

巻枯らし木の伐倒処理対象木の伐倒方向は、最も伐倒しやすいとされる木の重心方向で、林冠の隙間が大きい方向とした。巻枯らし間伐木にチェーンソーにより受け口及び追い口を切り、表-3の伐

倒難易指数の順に倒伏処理を行った。

通常木の伐倒は、斜面下方の巻枯らし木にかかり木になるように伐倒し、表-4 伐倒難易の順に倒伏処理を行った。

表-4 巻枯らし木の伐倒難易の指標

伐倒指数	かかり木処理の有無	作業方法	評価の目安
0	無	人力・くさび等で重心を移動	重心の移動で倒伏
1	有	つるの一部を切ることで倒伏	枝の弾力で回転させる
2	有	木回しで回転させ倒伏	外力を加え回転させる
3	有	牽引具で牽引し倒伏	牽引具で引き倒す

III 結果及び考察

1 巻き枯らし間伐の施行に関する調査

巻き枯らし間伐に要する時間は表-5のとおりである。作業の状況は図1～3のとおりである。調査者は3名であるが、それぞれの剥皮処理時間は24分55秒、17分17秒、18分45秒であり、調査者により相違がある。処理工程を詳細に見ていくと、移動準備時間は平均している。しかし、個々の処理時間は、大きな差が生じている。これは、処理木の中に、一連の樹皮剥ぎ作業（以下通常作業という）で処理が完結する個体とそれ以外の作業（以下困難作業という）を必要とする個体があることに起因する。困難作業は、ノコギリ作業終了後の樹皮剥ぎ作業に異常に時間を要するものや、樹皮剥ぎが困難でナタによる形成層切断作業が付加されるものである。通常作業に係る時間は、調査者個々において、最小時間と最大時間に若干の相違があるものの、平均すると1本当たりの作業時間は1分20～30秒程度に集約される。一方、困難作業は、付加される作業内容がそれぞれ異なるため、最小のもので2分15秒、最大のもので6分58秒と大きな差異を生じている。1本当たりの平均時間は3分50秒となった。¹⁾

樹皮の剥離しやすさが、施行時間に大きく影響していることが分かった。施行の季節の選択も重要である。調査林分の巻枯らし間伐の10本当たりの標準施行時間は、移動準備時間10本 1分17秒、通常施行分8本 11分23秒、困難施行分2本 7分39秒とすると、合計20分19秒と考えられる。¹⁾

表-5 巻枯らし間伐施工総括表

調査者番号	処理本数	総処理時間	移動・準備		通常施工分				困難施工分			
			時間	1本当たりの時間	本数	処理時間	1本当たりの処理時間	平均周囲長 (cm)	胸高直径 (cm)	本数	処理時間	1本当たりの処理時間
1	10	0:24:55	0:01:20	0:00:08	7	0:10:40	0:01:31	47.6	15.2	3	0:12:55	2:20 3:37
							1:20~1:40					6:58
2	10	0:17:17	0:01:20	0:00:08	9	0:12:24	0:01:23	51.6	16.4	1	0:03:33	
							1:04~1:45					
3	10	0:18:45	0:01:10	0:00:07	8	0:11:06	0:01:23	51.9	16.5	2	0:06:29	2:15
							1:11~1:32					4:14
計	30	1:00:57	0:03:50		24	0:34:10				6	0:22:57	
平均				0:00:08			0:01:25					0:03:50
10本当たり				10本		8本						2本
標準作業時間		0:20:19		0:01:17			0:11:23					0:07:39



図-1 ノコギリ作業



図-2 樹皮剥離作業



図-3 作業終了（作業時間1分30秒）

2 巻き枯らし間伐の効果に関する調査

調査木の概況は、表-6のとおりである。巻き枯らしによる枯死指数の推移は図-4のとおりである。剥皮処理後17カ月を経過すると、胸高直径、樹皮の剥離幅、巻き枯らし間伐の方法に関係なく、全ての個体で樹冠が全て赤褐色化し、枯死の状況を示し、概ね半数の個体で落葉が確認された。また、処理後2年経過した状況は、大部分の個体で、赤褐色化した針葉が落葉し、樹冠に着葉のない状態になった。樹冠の着葉量の減少は、残存木の光環境を改善し、樹冠における過当競争を緩和する。¹⁾

表-6 巻き枯らし間伐効果調査木の概況

方法		胸高直径 (cm)	剥離幅 (cm)
樹皮剥離	樹皮切断		
24本	6本	平均	18
		最小	14
		最大	28
			35
			8
			55

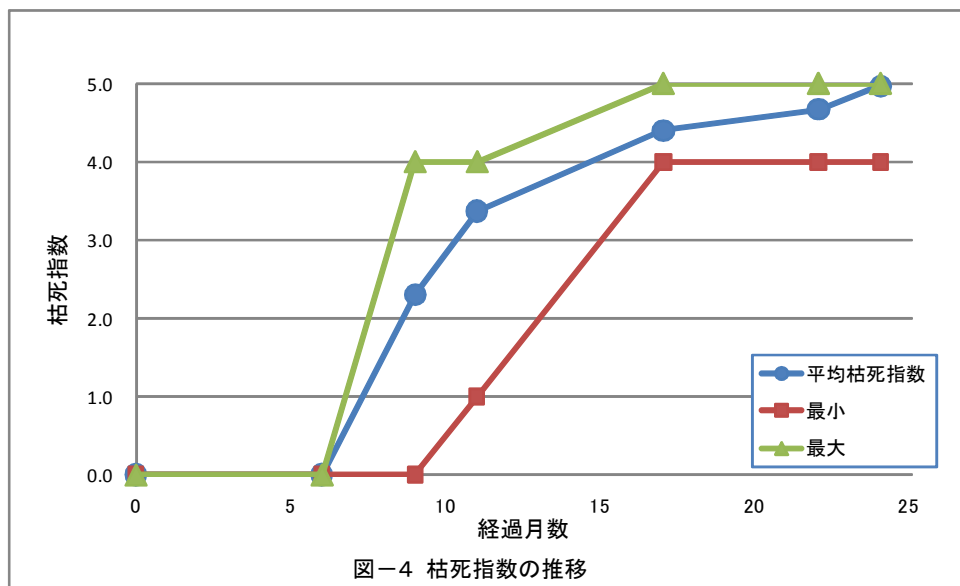


図-4 枯死指数の推移

3 ヒノキ林における巻き枯らし処理木の含水率

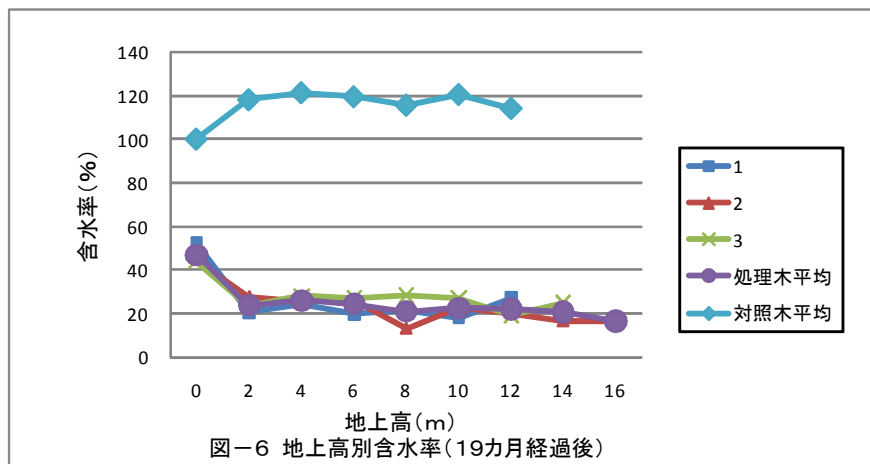
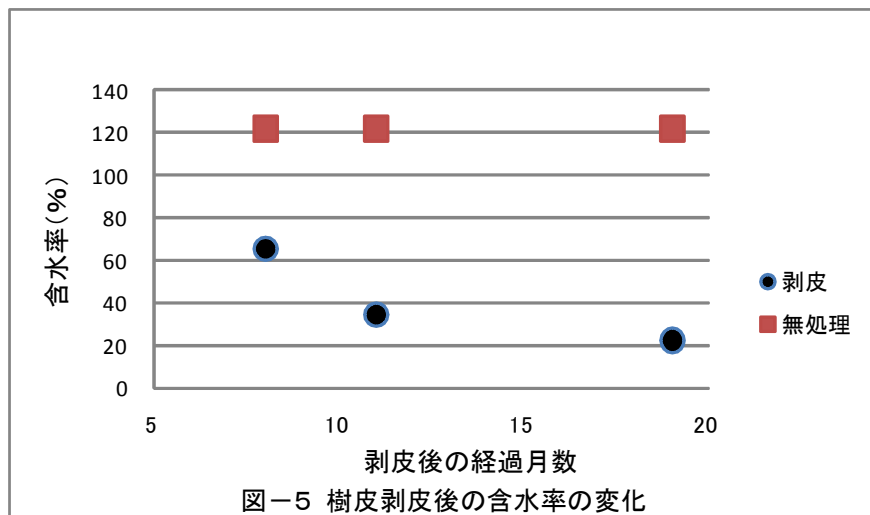
樹皮剥離後の経過月数と樹幹の含水率の関係は図-5のとおりである。樹皮剥離後、樹冠の赤褐色化、落葉の過程を経て、樹幹の含水率は20%程度まで減少した。²⁾

巻き枯らし処理後19カ月を経過したヒノキ3本の含水率詳細は図-6のとおりである。処理木の含水

率は地際部分を除き、地上高に関係なく、20%~25%にある。対照木の含水率が概ね120%を示していることからするとその違いは著しいものがある。因みに処理木の樹冠状況は、伐倒の衝撃もあったためか枯葉を含めて着葉は無かった。地際部の含水率が高いのは、土壌からの影響が考えられる。²⁾

巻枯らし処理後8カ月を経過したヒノキの含水率の詳細は図-7のとおりである。処理木の外観は目視では、対照木とほとんど変わりが無い。また、針葉の含水率も対照木と比較して大きな相違はない。地際の部分では処理木も対照木も同程度の含水率であるが、樹皮剥離の部分から上部に関しては、対照木が概ね120%の含水率をもつのに対して、処理木では60%~80%の含水率しかなく、外観と相違して樹幹内部では変化が起こっていることが分かる。この処理木の樹皮剥離の円盤から、白く変色した辺材外周部、辺材中間部、心材を切り分けて、含水率を計測したが、その結果は図-8のとおりである。樹皮剥離の部分の辺材外周部の含水率は31%であり対照木では168%もあるのに対して、著しく含水率が低下していることがわかる。辺材の仮道管の機能は外周部の方が高い³⁾といわれている。今回の試験でも、対照木の辺材外周部の含水率が高いことや、図-9のとおり樹皮剥離部分において辺材中間部を移動してきた水分が、樹皮剥離していない直上部では辺材外周部に移動していることが示唆される結果からも外周部の仮道管の機能が高いことがわかる。²⁾

巻枯らし間伐の樹皮剥離は、木部(辺材部)を直接外気に曝すことにより、機能の高い辺材外周部の仮道管にキャビテーションによる通導障害を発生させ、その結果、処理木が枯死に至るものと考えられる。²⁾



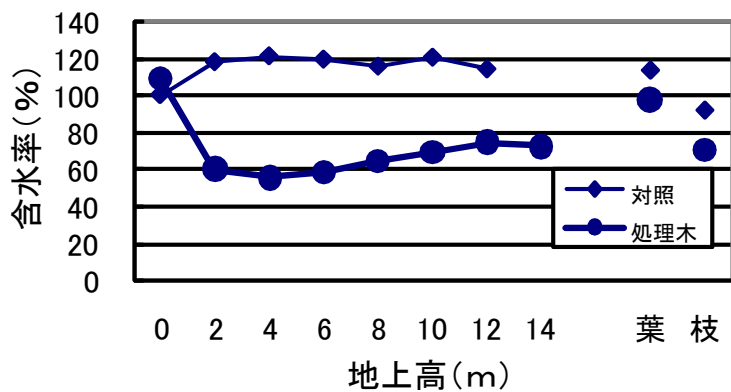


図-7 地上高別含水率(8カ月経過後)

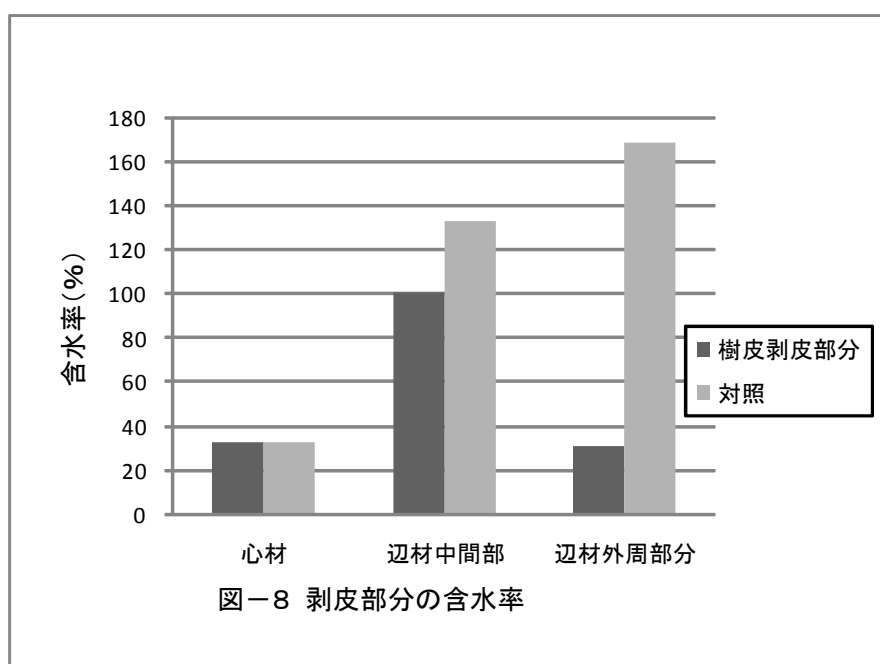


図-8 剥皮部分の含水率

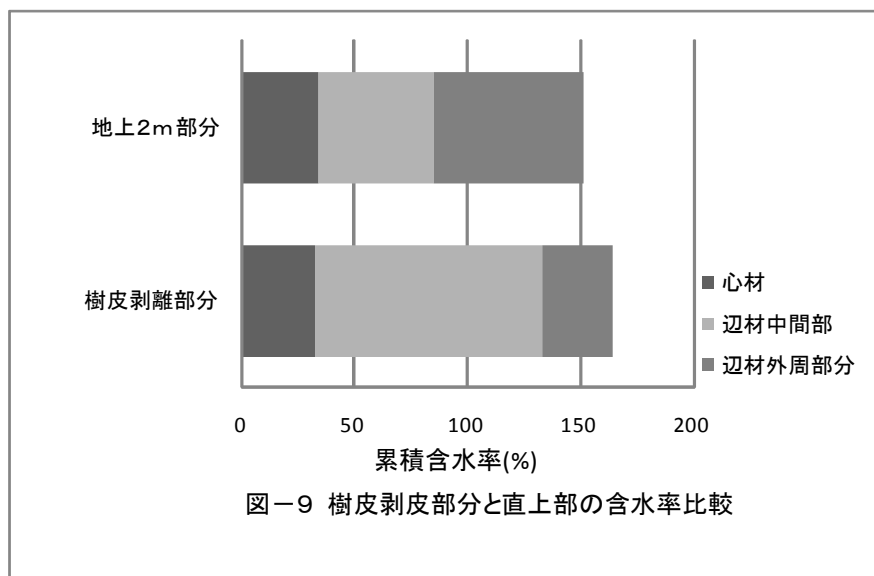


図-9 樹皮剥皮部分と直上部の含水率比較

4 スギの巻枯らし間伐の効果に関する調査

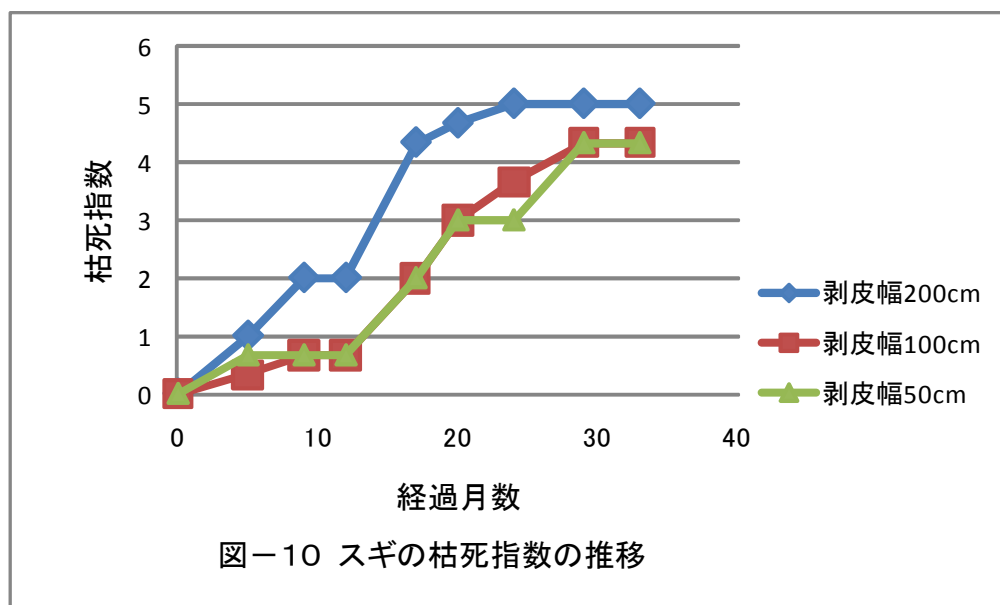
(1) 2004年4月30日に巻枯らし処理を行った供試木3本は、4年9カ月を経過した時点で一部針葉に変化が見えるが、大きな変化は見られない。

(2) 2004年7月20日に巻枯らし処理を行った供試木3本のうち1本は、1年経過した初夏に樹冠のほとんどが赤褐色に変色し、1年6カ月経過した時点では落葉した状況になったが、他の2本については5年6カ月を経過した時点で針葉に変化が見られない。

(3) 2006年4月26日には、樹皮の環状剥離幅を変えて巻枯らし処理を実施した結果は表-3のとおりである。1年6カ月経過して時点で、2本が枯死し、針葉に変化が見られる供試木が出てきた。2年9カ月経過時点で9本中7本が枯死落葉した。残りの2本も針葉に赤褐色が優先するようになった。

図-10のとおり、巻枯らし間伐処理の環状剥離の幅が広いほど、枯死に至る時間が短い傾向が見られた。スギの場合は、環状剥離幅が一定以上大きくならないとヒノキと同じような急速に枯死に至る効果は期待できないことが示唆される。また、巻枯らし間伐の環状剥離の幅によって、枯死に至る生理的機構に異なりがあることが考えられる。

よって、スギの巻枯らし間伐において、早期に間伐効果を得るためには、環状剥離幅を考慮する必要がある。



5 巻枯らし木の伐倒調査

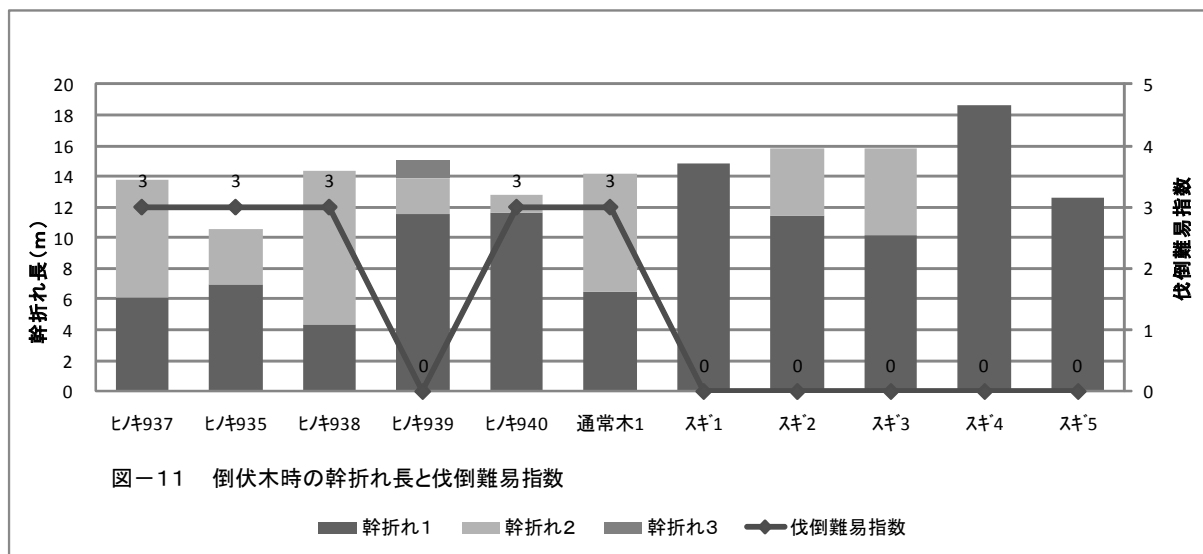
伐倒処理結果は図-11のとおりである。ヒノキにおいては伐倒5本中4本にかかり木が発生した。かかり木を倒伏するために牽引具による牽引が必要であった。牽引した4本中3本は樹幹の中間付近で幹折れが発生した。伐倒した5本とも樹幹に折れが発生した。中間部の幹折れ発生原因は、伐倒木の上下が固定されるような状態で、樹幹の3m付近を牽引したこと、樹幹の腐朽や乾燥により強度及び柔軟性が失われたことが原因と考えられる。倒伏後も樹幹に枝が残っているため、枝の強度も残存木と同程度であると推定される。

スギでは、くさびによる重心移動により5本とも倒伏できた。対象木の枝が、ほぼ落下しているため、重心が幹の中心部にあることや樹冠部が軽くなったため、重心の移動がスムーズに行えなかった。倒伏時の衝撃で樹幹先端の折れが2本発生した。くさび打ちの振動により樹幹先端部が大きく振れた

め、先端が折れ落下する危険を感じた。枯れ枝が1本が落下し作業者を直撃した。

通常木では、かかり木になった通常木を牽引したところ、湾曲し倒伏できなかつたため、牽引具のワイヤをゆるめたところ、通常木が弓状から戻る力で、巻枯らし木の地上高5.48m付近に幹折れが発生し、伐倒方向の斜面下方にはじけ落下した。

剥皮後4年経過時点のヒノキの巻枯らし間伐木の伐倒処理においては、かかり木が発生し易く、その倒伏には牽引具が必要であった。通常木の伐倒についても、巻枯らし木にかかり木になれば、牽引が必要と考えられる。通常の間伐作業においては牽引具を使用することで、確実に伐倒が行える。巻枯らし木の伐倒処理に牽引具が必要な場合は、間伐作業の安全性と効率性の確保が困難である。以上のことから、剥皮後4年経過時点判断としては、通常の施業として巻枯らし間伐を実施するには、十分な検討が必要と考えられる。



V おわりに

剥皮処理後4年での判断であるが、ヒノキ林において巻枯らし間伐を通常の施業方法として取り入れるには、巻枯らし木の処理の安全性に問題があるといえる。

伐倒による間伐が行われた時点においては、巻枯らし木が間伐及び集材作業の支障となる可能性も考えられる。巻枯らし間伐を実施するに当たり、巻枯らし木の処理方法及び安全対策を検討する必要があると考えられる。

一方、巻枯らし木が安全に倒伏するのであれば、きわめて有効な方法と考えられる。巻枯らし木の状況について、継続調査を行い、次の間伐時期に伐倒及び集材作業を実施したいと考えている。

引用文献

- 1) 金澤好一ほか：日林関東支論56:149～150：2005
- 2) 金澤好一ほか：日林関東支論57:127～128：2006
- 3) 永田洋、佐々木恵彦（編）：樹木環境生理学：186-188，2002
- 4) 全国林業普及協会：林業技術ハンドブック：1505，1998