

2.5 高性能林業機械導入による低コスト間伐と未利用低質材の 収穫・利用に関する実証事業 (有限会社 二和木材)

2.5.1 実証事業のねらいと実施内容

(1) 実証事業のねらい

間伐によって発生する未利用低質材を地域資源として有効に活用できる環境を創造するため、初期間伐林や利用間伐林を対象に高性能林業機械等を導入した低コスト間伐作業システムの検証と、間伐低質材の利用に関する事業及び技術についての実証を行い、得られた成果を広く普及させることを目的とする。

(2) 実証事業の内容、規模

採算のとれる間伐作業と間伐低質材の利用に関する以下の実証事業を行う。

1) スギ林の低コスト間伐システム構築に関する実証 (1/2 助成)

① 伐り捨て間伐対象スギ林のエネルギー利用間伐林への変換可能性について

最悪の間伐法「伐り捨て間伐」のエネルギー利用間伐林への変換可能性を探る目的で、スギ伐り捨て間伐対象林の間伐を実施し、間伐木の燃料利用に際して収益の上がる間伐システムの要件を明らかにした。

② スギ急傾斜林での車両系高性能林業機械を用いた間伐システムの構築

傾斜に弱いとされる車両系高性能林業機械をスギ急傾斜林分の間伐作業にあえて導入し、低コスト化に向けて有効な間伐作業システムと材価の低いスギ間伐材での採算性について実証的検討を行った。

2) 間伐低質材の資源化実証 (1/2 助成)

① 間伐低質材を用いたおが粉生産事業の可能性実証

集成材ラミナとその残材をおが粉に加工するプラントが立ち上がったのを受けて、この施設を利用したおが粉生産を昨年に引き続き実施し、事業の可能性を実証した。

② 簡易な屋根がけによる燃料用スギ丸太の天日乾燥促進効果の検討

スギ丸太の燃料化にあたって必要となる丸太の天日乾燥は長期間を要するため、その短縮を目的に丸太はい積みに簡易な雨よけ屋根を設置し、その効果を検討した。

3) 間伐現場公開と意見交換会の開催 (1/2 助成)

高性能林業機械を導入した低コスト間伐システムについての現場公開と見学後の意見交換を行った。

4) 先進地視察 (1/2 助成)

当該事業の関係者共々、釜石地方森林組合が実行している林地残材を釜石製鉄所発電施設の混焼発電の燃料として供給している事業の実態を視察研修した。

5) 間伐の実施と間伐材の燃料等への利用実証（定額助成）

事業実施者（有）二和木材と共同実施者 5 事業体が一体となって、地域内の 26 林分 136ha の間伐を行い、低質材 6,727m³（目標 6,450m³）を収集し、燃料用チップ、木質ペレット原料、畜産敷料として約 2,500m³ を利用した。また、同時に発生した用材の内、約 400m³ を杭材として販売した。

(3) 実証事業の実施期間、実施体制、実施場所

a 実施期間

平成 22 年 8 月 3 日～平成 23 年 2 月 28 日

b 実施体制

① 北上川上流地域木質資源利用事業運営協議会（略称：運営協議会）を設置し、構成員の協議に基づいて本事業の計画・調整・実行・管理を行う。

②「運営協議会」の構成員と役割

会長（間伐・資源化・販売）	（有）二和木材 代表取締役	小笠原 啓次郎
総括コーディネーター	岩手大学名誉教授	沢辺 攻
技術アドバイザー	岩手大学教授	立川 史郎
間伐・資源化・販売	盛岡市森林組合 代表理事組合長	赤坂 宿
間伐・資源化・販売	岩手中央森林組合 代表理事組合長	伊藤 一治
間伐・資源化・販売	葛巻町森林組合 代表理事組合長	中崎 和久
間伐・資源化・販売	（株）小笠原林業 代表取締役	小笠原 重男
間伐・資源化・販売	（株）中川原商店 代表取締役	中川原 繁
監事	日本製紙木材（株）東北支店盛岡営業所所長	國分 貞夫
事務局		（有）二和木材

c 実施場所

【1/2 助成事業】

- ①スギ初期間伐林：紫波町山屋字鍋沢 38、紫波町山屋字山口 17
- ②スギ急傾斜林：盛岡市浅岸字大志田川地内県有模範林大志田事業区（以後、大志田県有林と呼ぶ）
- ③おが粉生産事業：葛巻町江刈 13-1441-1 （株）くずまき工房
- ④丸太の天日乾燥：滝沢村滝沢字後 268 番地 56 （有）二和木材
- ⑤間伐現場公開：大志田県有林、紫波町山屋字鍋沢 38、紫波町長岡公民館（紫波町東長岡字細工田）
- ⑥先進地視察：釜石地方森林組合、新日本製鐵（株）釜石製鐵所

【定額助成事業】

自力間伐は北上川上流地域の 26 林分、計 136ha で実施した。

2.5.2 実証事業の実施方法

(1) 間伐の実施と間伐材の燃料等への利用実証（定額助成）

事業実施者（有）二和木材と各共同実施者との間で「自力間伐による低質材生産量の確保に関する協定」を締結し、それに基づいて各事業体は独自に自力間伐を行い目標量以上の低質材を生産した。その間事業実施者（有）二和木材は、間伐林分に少なくとも1回以上出向き現場確認と進捗状況の把握に努めた。

また自力間伐で生産された低質材のパルプ用以外の燃料および畜産敷料等への用途開発についても、各実施者に前向きな取組を要請すると共に、それらの利用実績の確認を行った。

(2) スギ林の低コスト間伐システム構築に関する実証（1/2 助成）

a 伐り捨て間伐対象スギ林のエネルギー利用間伐林への変換可能性について

紫波町山屋のいずれも若齢未間伐林であるスギ3林分で実施した。実施にあたっては、林内には林業機械を入れないで間伐作業能率を高めるために1伐2残の列状間伐を採用した。伐木はチェンソー、木寄せと集材はワイヤー牽引とグラップル、造材はプロセッサーで行った。昨年と同様に元上げ部（通称ドンコロ部）は2mの定尺造材とした。以上を原則として林分毎に若干作業方法を変更した。

得られた間伐材について、素材生産から燃料利用に至るまでの収支を検証し、採算性を高めるために好ましい作業システムを検討した。

b スギ急傾斜林での車両系高性能林業機械を用いた間伐システムの構築

盛岡市浅岸の岩手県県有模範林で実施した。当該林分は傾斜40度程度の東向き片斜面で、平成12年に第一次間伐が実施され今回が第二次間伐となる。この林分を南北に列状区と定性区とに二分し、車両系林業機械を導入するために高密度の作業路をバックホーとハーベスター（支障木の伐倒）により作設した。

間伐作業はチェンソー、ハーベスター、トラクター、グラップルとフォワーダを用い、伐木→全木木寄せ→造材→短幹集材の方式で行った。元上げ部は全て2m定尺造材とした。列状間伐は4m伐8m残である。急傾斜に対応した木寄せ方法も試行し、低コスト間伐システムを労働生産性、生産コストを比較して検討した。

さらに材価の低いスギ素材について、得られた間伐材の生産から販売までの収支を計算し、このような急傾斜林分での間伐作業の採算性について検討した。

(3) 間伐低質材の資源化実証（1/2 助成）

a 間伐低質材を用いたおが粉生産事業の可能性実証

カラマツ1.9m材から集成材ラミナを生産し、同時に排出される背板や端材をおが粉に加工する特殊なプラントが立ち上がったのを受けて、アカマツおよびカラマツの間伐低質材を投入した場合の製品製造経費（単価）と、ラミナおよびおが粉それぞれの収量を求め、それらから事業化した場合の採算性を評価してこの資源化事業の可能性を検討した。

b 簡易な屋根がけによる燃料用スギ丸太の天日乾燥促進効果の検討

伐倒直後のスギ間伐材 6.8t を 2 分し、一方は露天のまま、他方には簡易なプラスチック製屋根を掛けて天日乾燥した。

乾燥期間は 2010 年 9 月 18 日～2011 年 1 月 17 日までの約 4 ヶ月で、その間 1 ヶ月毎に重量をトラックスケールで計測した。最終計測（2011 年 1 月 17 日）終了直後に、露天、屋根有りのそれぞれから各 10 本を抜き取り、ディスクチップパーでチップに加工した。得られたチップ原料から、産業廃棄物のサンプリング法（JIS K 0060）に準じてそれぞれを約 2kg に縮分してその含水率を全乾法で求め、その値から各測定時期の丸太含水率を計算した。

2.5.3 実証事業の実施結果

(1) 間伐の実施と間伐材の燃料等への利用実証

自力間伐の実施結果を表 2.5.1 に示す。対象とした林分はアカマツ、スギ、カラマツ林で、間伐補助金対象から外れた齢級のものが多い。間伐方式は一例を除き全て定性間伐で、列状間伐がまだまだ浸透していないことが分かる。計 26 林分 136ha から低質材は目標の 6,450 m³を上回る 6,727 m³を生産し、用材の 4,090 m³を合わせると全体で 10,816 m³となった。低質材の割合は 62% と高い。

このうち低質材の用途については、62% が製紙チップで、燃料用が約 2,100 m³で 31%、畜産敷料用が 7% となった（表 2.5.2）。

表 2.5.1 自力間伐の実績

事業体名	番号	樹種	林齢 (年)	面積 (ha)	間伐率 (%)	定性	列状	生産量 m ³		計 m ³
								用材	低質材	
二和 木材	1	アカマツ	41	5.3	30	○		0	245	245
	2	カラマツ	54~66	15.9	30	○		39	637	676
	3	カラマツ	35	13.8	30		○	91	644	735
	4	カラマツ	57	8.7	30	○		521	441	961
	小計				43.8			651	1,966	2,617
岩手 中央 森林 組合	1	スギ	55	10.0	30	○		420	475	895
	2	スギ	50	1.1	30	○		90	112	202
	3	スギ・カラ	40	1.3	30	○		60	48	108
	4	スギ・カラ	45~75	2.3	30	○		98	119	217
	5	スギ・カラ	50	3.0	30	○		120	126	246
	6	カラマツ	45	4.0	30	○		49	321	370
	7	スギ	89	2.6	50	○		145	305	449
	8	スギ	40	3.7	30	○		9	33	42
	9	スギ	81	2.8	30	○		80	116	196
小計				30.8			1,070	1,654	2,725	
中川 原商 店	1	スギ他	40	3.8	35	○		172	289	461
	2	スギ他	40	5.3	35	○		175	474	649
	3	カラ他	50	1.6	35	○		125	141	266
	4	スギ他	45	3.1	35	○		141	191	332
	5	スギ他	45	2.7	35	○		180	216	396
	6	カラ他	45	1.3	35	○		55	122	177
	7	スギ	50	1.8	30	○		200	93	294
小計				19.6			1,048	1,527	2,575	
小笠 原林 業	1	カラ他	50	15.4	33	○		360	569	929
	2	カラ他	51	4.6	35	○		217	266	483
	3	スギ他	40~48	7.8	35	○		343	598	941
	4	スギ他	46	10.0	30	○		360	76	436
小計				37.8			1,280	1,509	2,789	
葛巻 森林	1	アカマツ	59	3.3	30	○		0	38	38
				3.3				0	38	38
盤筒 森組	1	アカマツ	48	1.2	35	○		40	32	73
	小計				1.2			40	32	73
合 計				136.4				4,090	6,727	10,816

表 2.5.2 自力間伐低質材の用途区分

事業者名	低質伐生産量 m ³	低質材の用途別材積 m ³				
		チップ燃料	パレット原料	畜産用	杭	製紙用
二和木材	1,966		47	478		1,441
岩手中央	1,654	1,000	250			404
中川原商店	1,527	781				746
小笠原林業	1,509				408*	1,509
葛巻森組	38					38
盛岡森組	32					32
計	6,726	1,781	297	478	408*	4,170
割合 (%)	100	26.5	4.4	7.1		62.0

*：カラマツ用材から採取

(2) スギ林の低コスト間伐システム構築に関する実証 (1/2 助成)

a 伐り捨て間伐対象スギ林のエネルギー利用間伐林への変換可能性について

① 林分概況

エネルギー間伐の対象とするスギ初期間伐林の概要を表 2.5.3 と写真 2.5.1 に示す。いずれの林分も作業路近くに立地し、林材搬出の容易な林分と言え、それぞれ次のような特徴を持っている。

林分 A:尾根近くにあり成長が悪く用材採取の難しい林分で、アカマツやクリの侵入が顕著である。

林分上下中央に作業路が横断している

林分 B: A と同時に植林された林分であるが、樹齢 81 年の残置木が本数にして 10% 近く存在した。

用材も採取可能な林分である。林分下方に作業道が通っている。

表 2.5.3 スギ初期間伐林の概要

林分	面積 (ha)	平均傾斜 (度)	林齢 (年)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	立木密度 (本/ha)	間伐方法	間伐率 (%)
A	0.42	18	31	15	12	1,430	列状*	33
B	0.57	18	31、81	22	17	2,200	列状*	33
C	1.02	10	34、43	20	16	2,350	列状*	33

*:1伐2残



写真 2.5.1
スギ初期間伐林の外観

林分 C：34 年生と 43 年生のものが混じった林分で、比較的多くの用材が採取可能な林分である。
林分中央に一般道に通じる作業路（路幅約 2m）が走り、土場は林端から約 50m 離れた位置にある。

② 間伐作業の概要

間伐作業は表 2.5.4 の左から右に示す順序で行った。

林分 A での木寄せは、写真 2.5.2 のワイヤーが巻かれた回転ドラムをグラップルで掴み、グラップルの回転でワイヤーを巻き取り・巻き戻しする方法で行った。この方法は回転ドラムを離せばすぐにグラップルに変身できる利便性がある。それに対して林分 B と C の木寄せはトラクターのワイヤー牽引で行った。ただし牽引能力が低いためそれを補う目的で予め作業員による枝払いを行った。したがって林分 A では全木集材、林分 B と C では全幹集材となった。

表 2.5.4 スギ初期間伐林の間伐システム

林分	伐木	枝払い	木寄せ	集材	造材	巻立て	備考
A	チェーンソー	×	グラップル 回転ドラム	グラップル 全木材	プロセッサ 作業路造材	×	全て 2m 定尺造材
B	チェーンソー	チェーンソー	トラクター 全幹材	グラップル 全幹材	プロセッサ 作業路造材	×	ドンコロ部 2m造材
C	チェーンソー	チェーンソー	トラクター 全幹材		プロセッサ 土場造材	グラップル	ドンコロ部 2m造材



写真 2.5.2 回転ドラムを用いた木寄せ作業

③ 労働生産性と生産コスト

図 2.5.1 は上記システムで実施した間伐作業の労働生産性である。間伐作業全体を通じた生産性は、林分 A が 9.3 m³/人日で林分 B (4.1 m³/人日) の約 2 倍、林分 C (2.8 m³/人日) の約 3 倍と高い値を示した。内訳を見ると林分 B と C は林分 A に比較して伐木と集材工程で明らかな差をつけられている。林分 B と C での生産性の低さは、伐木工程では本来プロセッサが受け持つべき枝払いを人力で手間を掛けて実施したこと、集材工程では集材距離の違いもあるがグラップルとトラクターとの集材能力の差が明らかに関係している。

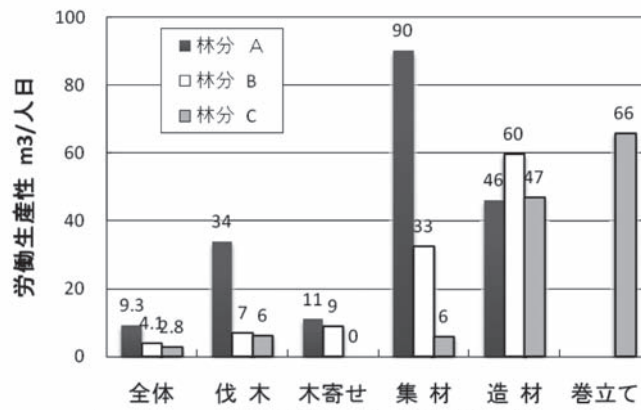


図 2.5.1 初期間伐作業の労働生産性

ただ、今回林分 A の木寄せで試行した回転ドラムの効果については、林分 B のワイヤー牽引によるそれと大差が見られなかった。恐らくグラップルのグリップ回転速度が遅いことが原因と推察でき、改善の余地はあると思われる。

他方生産コストについては表 2.5.5 の単価を用いて計算した。結果は表 2.5.6 に示すように、実施した作業システムによって 4,300～9,200 円 / m³ と大きな差が見られる。注目される点は、伐木後の枝払いは伐木の場合に比較して 2 倍以上の経費が掛かるが、その分をプロセッサ造材で取り返せていないこと、木寄せと集材の経費が高額で、その軽減策が不可欠であることの 2 点である。

表 2.5.5 費用単価 (円/日)

林業機械等	機械費	オペレータ賃金
チェーンソー	318	15,000
ハーベスター	35,000	18,000
プロセッサ	30,000	18,000
グラップル	23,000	15,000
フォワーダー	12,000	12,000
トラクター	12,000	12,000
作業員賃金		12,000

表 2.5.6 スギ初期間伐作業の生産コスト

林分	生産コスト 円/m³					合計
	伐木	木寄せ	集材	造材	巻立て	
A	451	2,260	421	1,150	-	4,282
B	1,070	2,179	1,168	804	-	5,221
C	1,219	6,338		1,019	576	9,153

④ 採算性

表 2.5.7 は各間伐林からの素材生産量である。林分 A では全て低質材であったが、林分 B、C では用材がそれぞれ 4 割弱および 5 割強を占め、逆に低質材の割合が減っている。

表 2.5.7 初期間伐林からの素材生産量 m³

林分	用材	低質材	合計
A	0	16.5	16.5
B	13.5	22.3	35.8
C	68.6	63.3	131.9

ここで、低質材と用材の用途をそれぞれ「(a)燃料/製材・合板」、「(b)燃料/燃料」および「(c)製紙チップ/製材・合板」に 3 区分し、各林分からの間伐材をこれら用途に仕分けしたときの採算性を比較検討した。検討にあたって必要となる間伐材の流れと各工程での経費単価を図 2.5.2 に示す。

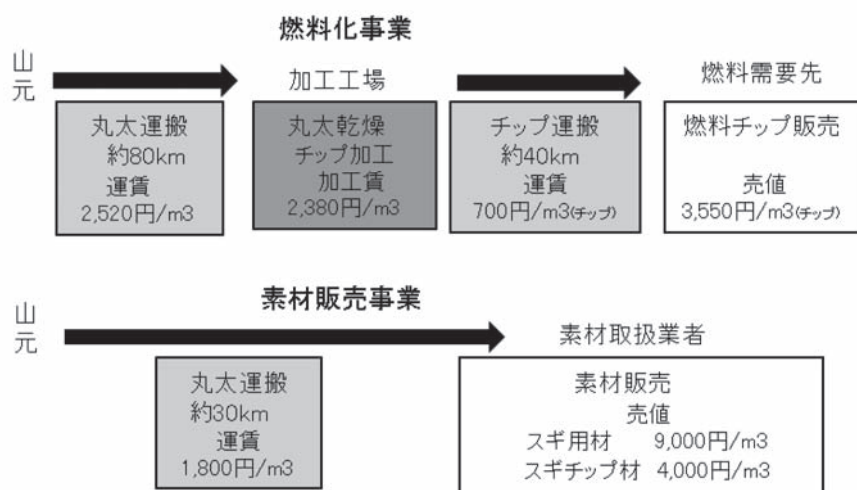


図 2.5.2 初期間伐材の利用に係わる経費

燃料化事業では、燃料チップは含水率 100% 以下のものが要求される関係で丸太の乾燥土場を必要とする。そこで遠距離でかつ加工賃も高いが、丸太の乾燥とチップ加工を受け持ってくれる工場を選んだ。乾燥チップの供給を可能にすることによって販売単価は 3,550 円 / m³ (チップ層積)、丸太換算で 10,650 円 / m³ と有利となる。

間伐材の生産から販売にいたる収支計算の結果を表 2.5.8 に示す。ただし A 林分の値は低質材のみで求めたものであることに注意されたい。

表 2.5.8 スギ初期間伐材の生産から販売にいたる用途別収支

用途区分 低質材/用材	間伐 補助金	収支金額 円		
		A林分間伐材	B林分間伐材	C林分間伐材
(a) 燃料/製・合	無	-10,434	-8,300	-482,274
	有	63,366	94,300	-298,674
(b) 燃料/燃料	無	-10,434	-56,225	-725,804
	有	63,366	46,375	-542,204
(c) チップ/製・合	無	-34,359	-40,635	-574,059
	有	39,441	61,965	-390,459

注) 間伐(利用)補助額: 180,000 円/ha×間伐面積ha

先ず各林分ともいずれの用途区分にかかわらず補助金無しでは赤字となる。とくに林分 C の赤字額は他の 2 林分のそれらに比較して著しく大きくなっている。一方、補助金を投入すると A と B の林分ではどの用途区分でも黒字に転換し、低質材は燃料に、用材は製材・合板用に仕向けるのが有利であることが理解できる。しかし林分 C では依然として大きな赤字である。この原因としては生産コストが 9 千円台と高額であること、補助金額は間伐面積で評価されるため、間伐材生産量の多い林分では材積当たりの補助額が低くなることが挙げられる。

以上の検討からは、スギ伐り捨て間伐林を燃料利用間伐林に転換することの是非については、表 2.5.9 の条件を満たすときには経営的に有利な場合もあるといえる。

表 2.5.9 伐り捨て間伐林を燃料利用間伐林に転換するための留意点

- a) 初期間伐の低コスト化が不可欠で、とくに木寄せや集材のコスト軽減が最重要
- b) 林業機械の導入には性能的にバランスの取れた機器を選定すること
- c) 事業の採算性を確保するためには、間伐補助金の充当は不可欠
- d) 燃料販売コストを有利にするため、含水率の少ない良質燃料に調製する努力が必要
- e) 燃料販売コストが有利な時は、低質材は燃料に、用材は製材・合板用に仕向けること

b スギ急傾斜林での車両系高性能林業機械を用いた間伐システムの構築

① 林分概況

実証林は盛岡市浅岸の大志田県有林である。その概要を表 2.5.10 と図 2.5.3 に示す。

表 2.5.10 大志田県有林の概要（スギ急傾斜林分）

項目	列状区	定性区
面積 (ha)	1.3	3.35
平均傾斜 (度)	40	35~40
林齢 (年)	43	
平均胸高直径 (cm)	20.5	
平均樹高 (m)	19	
立木密度 (本/ha)	1,336	1,275
路網密度 (m/ha)	160	333
間伐率 (%)	33 4m伐8m残	30

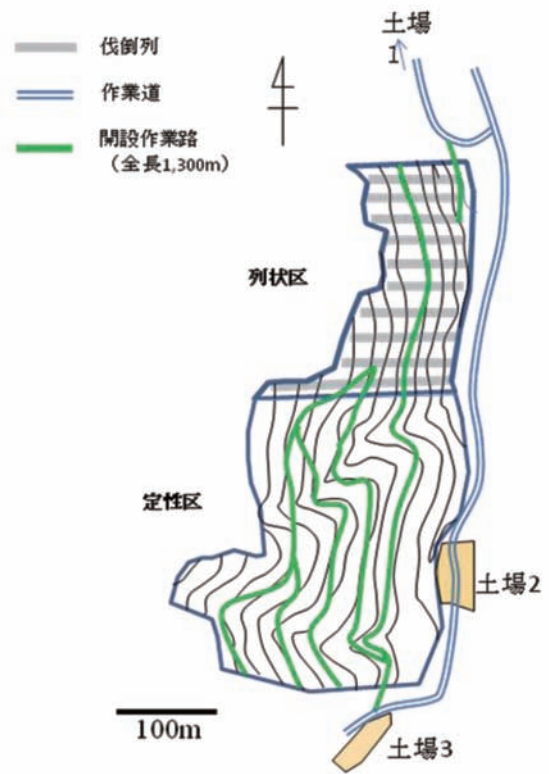


図 2.5.3 大志田県有林略図

当該林分は傾斜 40 度程度の東向きの片斜面で、南北に走る既設の作業道に沿って沢が流れている。林分全体が急傾斜で、林齢の割には林木の成長は芳しくない。

この林分を列状区と定性区とに南北に二分し、全体で 1,300m（路網密度:280m/ha）の作業路を作設した。とくに定性区では作業性を高めるために路網密度を列状区の約 2 倍とした。

② 間伐作業の概要

作業システムは、列状、定性それぞれに表 2.5.11 の通りである。

表 2.5.11 急傾斜スギ間伐林の間伐システム

試験区	伐木	木寄せ	造材	集材	備考
列状区	○チェーンソー ハーベスター	○トラクター ハーベスター	ハーベスター	グラップル フォワーダ	ドンコロ部 2m造材
定性区	○チェーンソー ハーベスター	○ハーベスター トラクター	ハーベスター	グラップル フォワーダ	ドンコロ部 2m造材

○印:主に使用した機種

伐木作業はチェーンソーを主とし、作業路脇ではハーベスターを使用した。木寄せは作業路脇ではハーベスターで、ハーベスターが直接届かない場合は伐倒木同士をスリングロープで繋ぎ、一方をハーベスターで引き出して他方を引き寄せせる「芋づる式」木寄せ法も採用した（写真 2.5.3～5）。この方法は定性区で多く利用した。列状区では傾斜が急なことが幸いして伐倒木の 8 割方は滑り落ちて伐倒列下部に集積する（写真 2.5.4 中央）ため、作業路より上部の下げ荷の場合に芋づる式を利用したが、作業路より下部の上げ荷の場合にはワイヤーで引き揚げた。

造材は作業路上で行い、昨年と同様に元上げ部（ドンコロ部）は集材や運搬効率を高める目的で 2m の定尺に採材した。

集材はグラップルとフォワーダによる短幹集材である（写真 2.5.6）。



写真 2.5.3 定性区での芋づる式木寄せ



写真 2.5.4 列状間伐作業



写真 2.5.5 ハーベスターによる伐木・木寄せ（定性区）



写真 2.5.6 造材と集材作業

③ 労働生産性と生産コスト

作業路開設を除く間伐作業の労働生産性を図 2.5.4 に、生産コストを図 2.5.5 に示す。

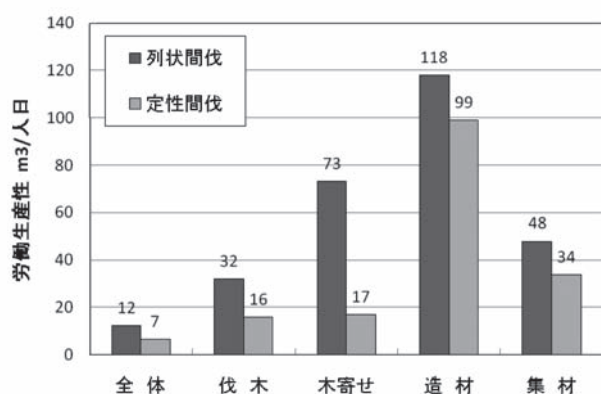


図 2.5.4 急傾斜スギ林間伐作業の労働生産性

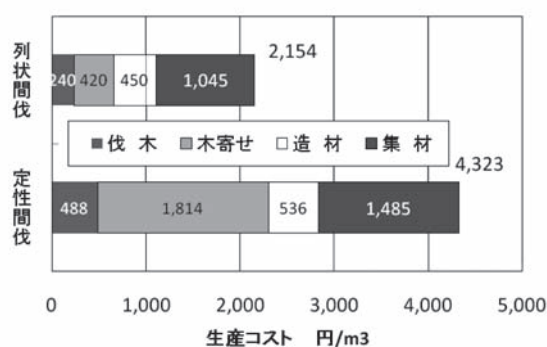


図 2.5.5 急傾斜スギ林での間伐作業の生産コスト

間伐作業全体の労働生産性は、列状間伐が $12.2 \text{ m}^3 / \text{人日}$ 、定性間伐が $6.5 \text{ m}^3 / \text{人日}$ で急傾斜林分にしては予想を遙かに超える高い数値が得られ、急傾斜林分での間伐作業に車両系林業機械導入の有効性が示唆された。これは高密度に作業路を設けたことが機能したためと思われる。

他方、列状間伐の労働生産性は定性間伐の約 2 倍と高い。これを作業別に比較すると、列状と定性間の大きな違いは伐木と木寄せ工程に現れ、伐木では列状が定性の約 2 倍、木寄せでは同じく約 4 倍強も高い生産性を示した。

伐木の労働生産性は、列状が定性に比べて高いことは既に指摘されている通りで、掛かり木の心配が少なく伐倒方向を単純に決めることができるなどのメリットが大きい。また木寄せについては、列状伐採では急傾斜が味方し、前述したように伐採木は滑落によって自然に木寄せされ、下げ荷ではハーベスターにより、上げ荷でも伐倒列は邪魔のない木寄せ通路となりワイヤーによる効率的な牽引が可能となった。それに対して定性伐採の場合は散在する伐倒木のスリングロープ結束など急斜面での難儀な作業が強いられた。このような作業性の相違が生産性に 4 倍もの差をもたらしたと言える。

造材と集材には列状・定性間に明らかな違いは見られなかった。ただ造材作業の生産性は $100 \text{ m}^3 / \text{人日}$ と極めて高いレベルに、またグラップル・フォワーダの集材作業も $40 \text{ m}^3 / \text{人日}$ 前後と安定しており、いわゆる高性能林業機械の導入が全体的な生産性向上に寄与したことになる。

一方、表 2.5.5 の値を用いて計算した生産コストは、図 2.5.5 に示すとおり列状間伐で 2,200 円 / m³、定性間伐でその約倍の 4,300 円 / m³となり、木寄せコストの差に大きく依存したことが分かる。全体的には急斜面での間伐作業にもかかわらず定性間伐においてさえこのような低コストで仕上がったのは、高密度な作業路開設の賜と言えよう。

④ 採算性

採算性を評価する場合、作業路開設経費の取り扱いが問題となる。作業路は次回の間伐あるいは主伐にあたって使用可能であり、今回の開設経費全てを採算性の算定に含めることが妥当であるか疑問である。しかし他に納得できる手段も見つからないため、ここでは開設経費も含めてこの間伐事業の採算性を検討する。

作業路の作設にはバックホーと支障木の伐木・木寄せ用にハーベスターを用いた。開設作業には 13 人工を要し、支障木の伐倒を含めた作設単価は 736 円 / m と計算できた。

採算性の評価に必要な列状区、定常区の素材生産量は表 2.5.12 の通りで、全生産量 590 m³のうち支障木が 1/3 含まれている。また生産量の 2/3 が材価の低い低質材であり、採算性をマイナス側に引く要因となっている。

表 2.5.12 大志田間伐林での素材生産量 (m³)

項目	列状区	定性区	計	比率
素材材積	229	361	590	1.00
内訳				
間伐木	159	239	398	0.67
支障木	70	122	192	0.33
用材	98	125	223	0.38
低質材	131	236	367	0.62

表 2.5.13 は列状および定性区別の収支明細である。列状区の場合、作業路作設距離が短いことが関係して、材価の安いすぎであっても補助金無しでも何とか黒字になる。それに対して定性区では作業路開設距離が長いこと、素材生産単価が高いことが原因して、補助金を導入しても大きな赤字となる。

表 2.5.13 急傾斜間伐林（大志田間伐林）での収支明細

列状間伐					
項目	単価	数量	支出	収入	収支
作業路作設 *1	736 円/m	200 m	147,200		
素材生産 *2	2,154 円/m ³	229 m ³	493,156		
丸太運搬	1,800 円/m ³	229 m ³	412,200		
用材販売	9,000 円/m ³	98 m ³		882,000	
チップ材販売	4,000 円/m ³	131 m ³		524,000	
小計			1,052,556	1,406,000	353,444
間伐補助金	190,000 円/ha	1.3 ha		247,000	
計			1,052,556	1,653,000	600,444

定性間伐					
項目	単価	数量	支出	収入	収支
作業路作設 *1	736 円/m	1100 m	809,600		
素材生産 *2	4,323 円/m ³	361 m ³	1,560,748		
丸太運搬	1,800 円/m ³	361 m ³	649,800		
用材販売	9,000 円/m ³	125 m ³		1,125,000	
チップ材販売	4,000 円/m ³	236 m ³		944,000	
小計			3,020,148	2,069,000	-951,148
間伐補助金	190,000 円/ha	3.35 ha		636,500	
計			3,020,148	2,705,500	-314,648

以上の分析からは、急傾斜スギ林の間伐事業であっても、高性能林業機械が活動しやすい適切な作業路の敷設と間伐方法およびシステムを選ぶことによって採算が取れることを示唆している。とくに急傾斜林分での間伐には、重力によって自然に木寄せされる列状間伐の採用が好ましいことが実証できた。ただ採算が取れなかった定性間伐方式であっても労働生産性 6.5 m³/人日、生産コスト 4,323 円/m³の値は、この急傾斜林分の間伐に対してはかなりの好結果といえる。これは高密度作業路網の敷設の賜と評価できる。

(3) 間伐低質材の資源化実証（1/2 助成）

a 間伐低質材を用いたおが粉生産事業の可能性実証

新規の集成材ラミナ製造プラントは、バーカー、丸太を半割りする帯鋸、半割材を板挽きする横バンドソー 2 機、自動耳取機および木粉製造機からなり、カラマツ 1.9m 材（径 18cm 上）を用いて厚さ 3.7cm、幅 7.0cm 以上のラミナを生産し、背板等の残材は全ておが粉に加工している。今回この設備に、通常のラミナ用カラマツおよびアカマツとカラマツの間伐低質材を投入し、製造経費（単価）とラミナおよびおが粉それぞれの収量を求めた。

結果を表 2.5.14 に示す。丸太の直径あるいは平均材積から明らかなように、とくにカラマツは細いものまで杭用に採材される関係で、低質材としては小径のものが多く、そのため加工に手間が掛かるばかりでなくラミナ収率も他に比べて低い。このように原木の形質を反映して製造単価は、ラミナ用カラマツの約 3,600 円/m³、アカマツ低質材の約 4,000 円/m³に比較してカラマツ低質材は 5,300 円/m³と大幅に高い値となった。

表 2.5.14 製造経費と製品収率

項目	単位	ラミナ用 カラマツ	低質材		
			アカマツ	カラマツ	
供試丸太	工場着材価	円/m ³	9,000	5,000	5,000
	本数	本	419	347	744
	長さ	m	1.90	1.90	1.90
	径	cm	16~21~30	6~15.6~30	5~11.3~28
	平均材積	m ³ /本	0.0855	0.0493	0.0275
	総材積	m ³	35.8	17.1	20.5
収率	ラミナ	%	60	38	25
	おが粉	%	40	62	75
製造時間	作業日数	日	2.4	1.6	2.5
	人 工	人・日	9.6	4.0	6.63
製造経費	給与	円/日	73,795	30,748	50,965
	電気代	円/日	19,898	13,266	20,728
	ナイフ研磨	円/日	9,600	6,400	10,000
	帯鋸研磨	円/日	18,000	12,000	18,750
	チップソー研磨	円/日	3,840	2,560	4,000
	油代	円/日	3,960	2,640	4,125
	合計	円	129,094	67,614	108,567
	製造単価	円/m ³	3,606	3,957	5,298

一方製品の販売単価は集成材ラミナが 25,000 円 / m³、おが粉が層積当たり 1,500 円 / m³と設計している。丸太材積 1 m³から層積にして約 3 m³のおが粉が生産されるため、丸太材積換算したおが粉の単価は 4,500 円 / m³となる。

そこで各原木を 1 m³加工した場合の収支を求めたところ、表 2.5.15 のようにラミナ用カラマツでは 4,200 円近く、アカマツ低質材でも 3,300 円近くの黒字が予想されるのに対して、カラマツ低質材では 700 円近くの赤字と計算された。この値から推測されるようにこの収支は多分に原木の形質に依存する部分が多く、もう少し太いカラマツを受け入れることができれば収支の好転は図れると思われる。さらに生材であってもカラマツの含水率（65%）は、スギ（170%）、アカマツ（160%）のそれに比べて明らかに低いのが特徴で、この利点を生かしてそのまま堆肥等の水分調整材に、あるいはペレット原料用に単価をアップして仕向けるのも採算性確保の点から検討する必要がある。

いずれにしてもこの設備を用いて間伐低質材から集成材ラミナとおが粉を生産する事業は高い可能性を持つと考えられる。

表 2.5.15 丸太 1m³を加工したときの事業収入

項目	単価 円/m ³	数量 m ³	支出 円	収入 円	収支 円
ラミナ用カラマツ					
丸太代	9,000	1m ³	9,000		
製造経費	3,606	1m ³	3,606		
ラミナ	25,000	0.60		15,000	
おが粉	4,500	0.40		1,800	
合計			12,606	16,800	4,194
アカマツ低質材					
丸太代	5,000	1m ³	5,000		
製造経費	3,957	1m ³	3,957		
ラミナ	25,000	0.38		9,500	
おが粉	4,500	0.62		2,790	
合計			8,957	12,290	3,333
カラマツ低質材					
丸太代	5,000	1m ³	5,000		
製造経費	5,298	1m ³	5,298		
ラミナ	25,000	0.25		6,250	
おが粉	4,500	0.75		3,375	
合計			10,298	9,625	-673

b 簡易な屋根がけによる燃料用スギ丸太の天日乾燥促進効果の検討

写真 2.5.7 は天日乾燥開始時と終了時の状況である。暴露期間の天候（表 2.5.16）から分かるように 11 月下旬から氷点下を記録し、降雪も見られるようになる。その後は気温、積雪とも丸太の乾燥には不向きな条件となっている。1 月 17 日の写真でも屋根無しと屋根有りで積雪状況に差のあることが理解できる。



写真 2.5.7 天日乾燥風景

表 2.5.16 暴露期間の天候（盛岡地方）

暴露期間	降水量 合計 mm	降雪量 合計 cm	最低	気温 平均 ℃	最高	日照時間 合計 h
9月18日～10月21日	118	0	1.7	15.9	27.5	122.5
10月22日～11月29日	73	3	-2.5	7.2	20.5	152.6
11月30日～12月26日	194	70	-6.3	2.4	14.0	66.8
12月27日～1月16日	72.5	79	-11.5	-2.9	4.7	77.2

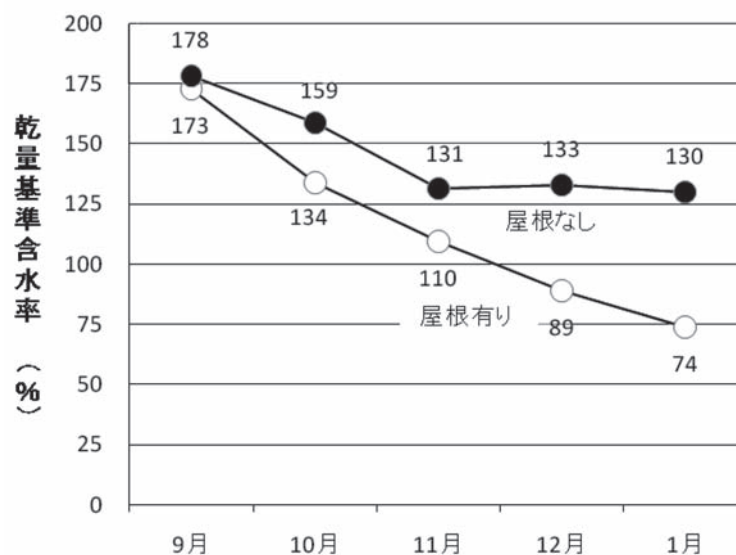


図 2.5.6 天日乾燥スギ丸太の含水率変化経過

図 2.5.6 は天日乾燥丸太の含水率変化の経過である。暴露開始時の含水率は屋根有り、屋根なしとも約 170% で殆ど等しい。暴露 1 ヶ月後には既に両者間に明らかな差が現れ、屋根有りが 20 ポイント以上低くなっている。2 ヶ月後まで同様の傾向が見られるが 11 月下旬からの 3 ヶ月目に入ってから、屋根無しでは殆ど重量変化は見られず含水率約 130% で推移したのに対して、屋根ありでは寒冷期であるにもかかわらず順次減少を続け、3 ヶ月経過後には含水率が 100% を切り、4 ヶ月経過後の暴露最終日には含水率 74% にまで低下し、両者の乾燥経過に明らかな差が認められた。

したがって以上の結果からは、露天での丸太の天日乾燥に雨よけ用の簡易屋根を設けることは、季節を通じての乾燥期間の短縮に効果が期待でき、とくに需要期である厳冬期においても乾燥が促進される点が注目される。

今回の事例では、盛岡においても9月に屋根付きで乾燥開始したスギ丸太は3ヶ月経過後の12月には含水率100%を切り、燃料チップとして供給できることが明らかとなった。

2.5.4 考察

(1) 得られた成果のまとめ

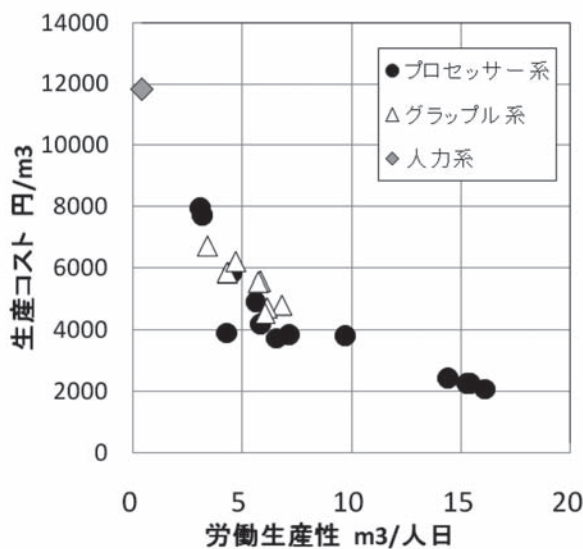
- 1) 自力間伐により低質材を目標の6,450 m³以上搬出することができた。そのうち4割弱を燃料チップやペレット原料および畜産敷料等に利用した。
- 2) 本来ならば伐り捨て間伐されるスギ初期間伐をエネルギー利用間伐に転換して間伐低質材の燃料化事業を起こす可能性を検討した。その結果、①間伐作業ではとくに木寄せ・集材作業の効率化、②林業機械の導入には性能的にバランスの取れた機器の選定、③間伐補助金の導入、および④燃料の低含水率化による有利な売価の形成が不可欠で、これら条件の達成度に応じて採算の採れる事業化が可能であることを明らかにした。
- 3) 急傾斜スギ間伐林への車両系高性能林業機械の導入方法を列状および定性間伐で検討した。その結果急傾斜林分での間伐は、生産性および生産コストとも列状間伐が明らかに有利であることが示唆された。その理由としては、①林業機械の林内移動に不可欠な作業路網密度は列状区(160m/ha)では定性区(333m/ha)の1/2と短い、②労働生産性は列状(12.2 m³/人日)が定性(6.5 m³/人日)の2倍高い、③伐倒木の集散は、定性での林内分散に対して列状では急傾斜が幸いして伐倒列下部に集積するため、林業機械による木寄せ作業の効率が高い、および④材価が低く生産量の2/3が低質材であるスギ間伐材でも、作業路作設から素材販売までの収支は列状間伐の場合は間伐補助金無しでも何とか黒字、それに対して定性間伐では補助金を含めても大幅な赤字となることを挙げることができる。
- 4) 間伐低質材から畜産資材用のおが粉を製造する事業の可能性を昨年引き続き検討した。結果は、おが粉生産のみでは不採算であるが、新たに稼働したプラントで集成材ラミナとおが粉を生産する方式を利用すれば、ほぼ採算の取れることが明らかにされた。
- 5) 燃料用スギ丸太の天日乾燥促進を目的に、簡易なプラスチック製雨よけ屋根の利用を試みた。その結果、屋根有りは屋根無しに比べて明らかな乾燥促進効果が見られ、しかもその乾燥効果は厳冬期においても持続されることを確認し、簡便で優位な丸太乾燥技術であることを明らかにした。

(2) 林地残材有効活用のための望ましい搬出・利用システム

最も望ましい方法は林地残材を作らないで、林地残材になる材部を素材と同時にしかも同じ方法で収集・運搬し、その収集経費を素材側に負担させる間伐システムを構築することである。そのための方策としては、①間伐の低コスト化を推進する高性能林業機械の活用、②収集・運搬の非効率化やコスト増につながる末木や枝条は収穫対象から外す、③幹由来の欠点材（ドンコロ等）は、収集・運搬を効率化するために従来の欠点部のみを切り落とす乱尺採材から 1.8~2.0m の定尺採材とする、および④林分あるいは林地の条件によってそれぞれに適した間伐方法や作業システムを導入する、ことがさしあたって重要と考えられる。

因みに①に関しては、図 2.5.7 のプロセッサー系の生産性の幅が広いことで分かるように、高性能林業機械の導入が必ず生産性を向上するとは言えない。重要なことは、間伐作業それぞれに能力的にバランスの取れたシステムを構築することである。

③に関しては、40 年生スギ間伐材では乱尺仕様で造材した時の欠点材と用材との材積比は 8:2、それに対して欠点材を 1.8m の定尺仕様で造材した時の比は 7:3 で用材材積は少なくなる。しかし間伐・収集・運搬と言った全体的な効率性の向上と、欠点材も資源として利用しやすくなること等を総合すると、欠点部の 2m 定尺造材は大きな意味を持つ。



2.5.7 自力間伐での労働生産性と生産コストとの関係

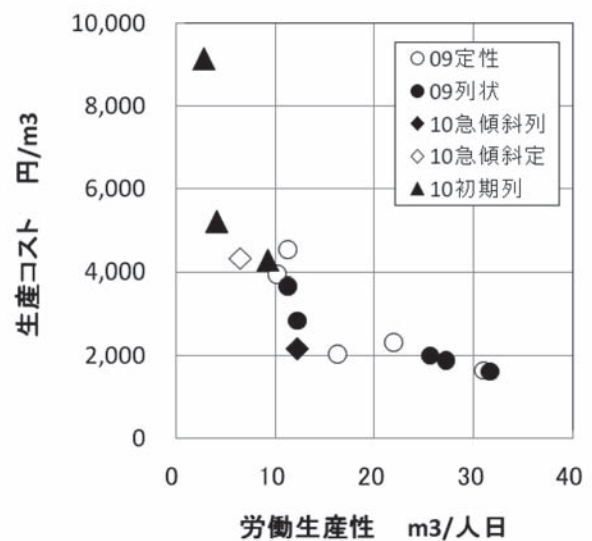


図 2.5.8 実証試験での労働生産性と生産コストとの関係 (2009 及び 2010 年度の実績比較)

また④に関しても図 2.5.8 に示すように、列状と定性と言った間伐方法、林齢、傾斜などの林地条件によっても生産性は大きく異なるため、これら林分条件に対応した間伐方法、作業システムを組み合わせることが重要となる。

そこで車両系高性能林業機械を用いて、末木や枝条は収穫しないで、欠点材の 2m 定尺採材を行うことを条件として、望ましいと思われる間伐作業システムをまとめたものを表 2.5.17 に示す。

表 2.5.17 車両系高性能林業機械を用いた望ましい間伐作業システム

林分条件	林業機械の 林内作業	間伐方法	伐木	木寄せ	造材	集材 (短幹集材)	作業路 密度	生産コスト 円/m ³
緩傾斜	可	列状(4m伐8m残) 定性	ハーベスター		(林内)	グラップル + フォワーダー		2,000~3,000 3,000~5,000
緩傾斜	不可	列状(1伐2残) 定性	チェンソー	ウインチ + グラップル	プロセッサ (作業路)	グラップル + フォワーダー	疎 密	3,000~4,000 4,000~5,000
急傾斜	不可	列状(4m伐8m残)	チェンソー	ウインチ + グラップル	プロセッサ (作業路)	グラップル + フォワーダー	疎	2,000~3,000
若齢未間伐	不可	列状(1伐2残)	チェンソー	ウインチ + グラップル	プロセッサ (作業路)	グラップル + フォワーダー	疎	4,000~5,500

ここでは林分条件として傾斜の緩急と伐り捨て間伐対象の若齢未間伐林を取り上げ、緩傾斜林分については林業機械の林内作業が可能であるか否かにより分けしている。

これまでの実証結果からは定性間伐よりも列状間伐が好結果をもたらしているが、現実には列状間伐の例が少ない。列状間伐林の風雪害を忌避してのことと思われるが、寒冷で降雪のある盛岡近郊で篤林家の方がこの方式を積極的に推進され、間伐率50%のスギ列状間伐林でもさしたる風雪害は見られず、20年経過したスギ列状林も健在である。

多雪地帯の森林まで推奨するつもりはないが、列状間伐は作業の低コスト化に寄与するものとして森林所有者の理解が得られることを期待している。