

北海道型作業システムを踏まえた路網作設に伴う林業生産コスト低減の検証

我が国の人工林は、本格的な利用期に入り、自らの手で造林した森林資源を有効活用すると同時に、計画的に造成すべき時期を迎えており、北海道の森林においても、森林資源の循環利用が大きな課題となっている。このため、林地生産力の高低や傾斜等の自然条件に加え、車道等や集落からの距離など社会的条件の良い森林において持続的な林業を確立する取組を推進する必要がある。

具体的方策の1つとして、素材生産における労働生産性の向上によるコストの低減を推進し、林業の収益性を向上させるため、路網と高性能林業機械を適切に組み合わせ、機械の性能を最大限に発揮させることを中心とした高効率・低コスト作業システムを構築することが重要である。

平成28年5月に閣議決定された『森林・林業基本計画』においても「路網整備の推進」が求められており、北海道森林管理局としても林業専用道の作設等、積極的に路網整備を進めることとしている。

一方、現行の作業システムにおいては、フォワーダによる集材距離が長い箇所も多く、本来の目的である高効率・低コスト作業の効果の発現が十分とはいえない状況も見受けられ、効率的な作業システムに対応し得るモデル的な路網作設を通じ、北海道の地形特性にマッチした作業システムの確立が求められている。

1 調査目的

北海道の地形の特性(傾斜が緩やか、地形が複雑ではない)を生かして高効率・低コスト化を図るためには、車両系(ハーベスタによる伐倒、枝払い、玉切り、フォワーダへの積み込み)による作業を基本とする必要があり、林業専用道の路網密度を上げ、細部路網となる森林作業道を減らすことにより、

① 10t積程度のトラックや大型ホイールフォワーダ等による走行が可能

② グラップルによる直接木寄せのシステムが可能となるエリアが拡大し、搬出・集材コストを抑えること可能と考えられる。

このため、緩傾斜、平易な地形など北海道特有の特性を有する箇所において、作業のベースとなる林業専用道を可能な限り高密度に配置し、森林作業道を必要としない又は森林作業道による集材距離を概ね200m以内(最長でも500m以内を上限とすること)を目指す低コスト・高効率作業システム(本報告では、以下「北海道型作業システム」と記載)のモデルフィールドを設定し、林業生産コストの低減に係る検証を行うことを目的とする。

2 調査・事業の全体概要

(1) 開発箇所

上川中部森林管理署 1041～1044林班 (上川郡美瑛町)

当地域の木材市場の中心地である旭川市までは約30km

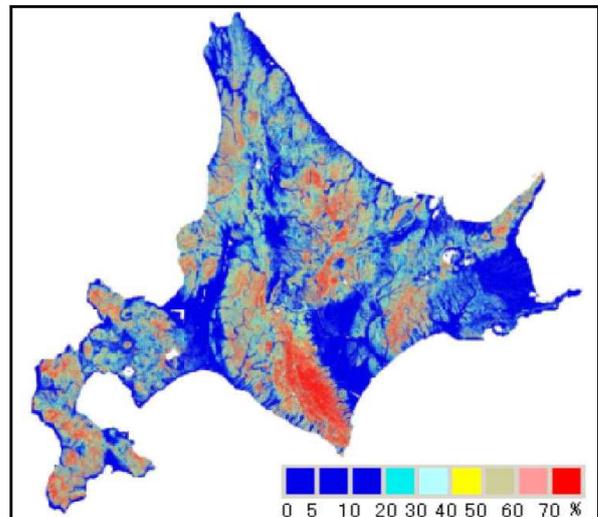


図1 北海道の傾斜分布



図2 開発箇所位置図



写真1 対象地の様子

(2) 対象林分（モデルフィールド）の内容

- ・対象林地面積：147ha
- ・傾斜は、一部30°以上となるが、それ以外の大部分が15～20°未満で、次いで8～15°
- ・主にトドマツとアカエゾマツ造林地
- ・林齢：33～48年
- ・平成18年度に保育間伐、平成27年度に2回目間伐を実施
- ・長期循環型で木材生産を実施する目的で、複層林により施業をしていくエリア。なお、長期見通しとしては、現在の区画だけでなく、この区画周辺の森林へのアクセスを拡大し、1つの複層林施業区画とする。

(3) 提案区域における事業設計概略

北海道型作業システムは、

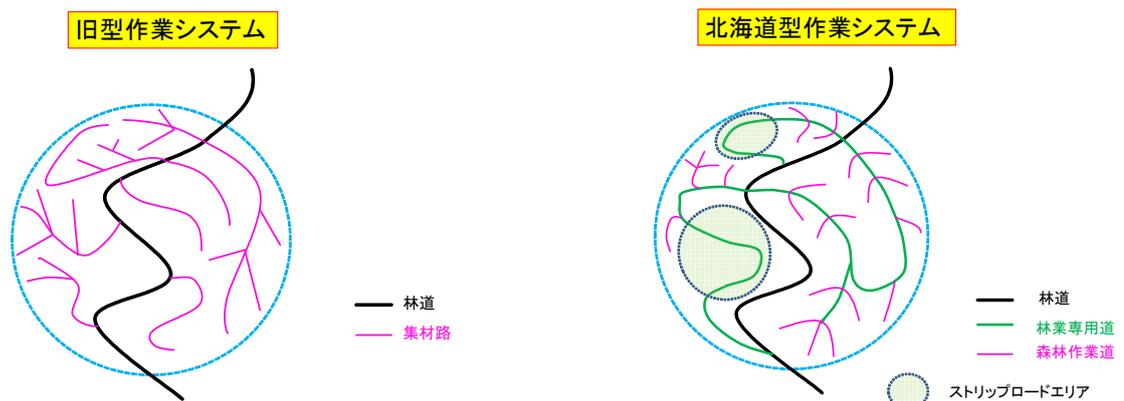
- ① 森林作業道による集材距離を概ね200m以内（最長でも500m以内を上限）、
- ② 山土場を必要としない（小規模分散土場）作業システム

を前提としている。

森林整備（間伐）事業として発注したモデルフィールド内の一部（提案区域）において、作業システムの違いによる比較・検証（生産性・コスト等）を行った。

なお、本事業の発注に当たって、提案区域について上記①②を特別特記仕様書に盛り込んでいる。

旧型作業システムと北海道型作業システムの路網比較イメージ



※北海道型システムでは、搬出路の考え方は、継続的に使用する「森林作業道」であり
丈夫で簡易なもの。(H22.11.27長官通知「森林作業道作設指針の制定について」)

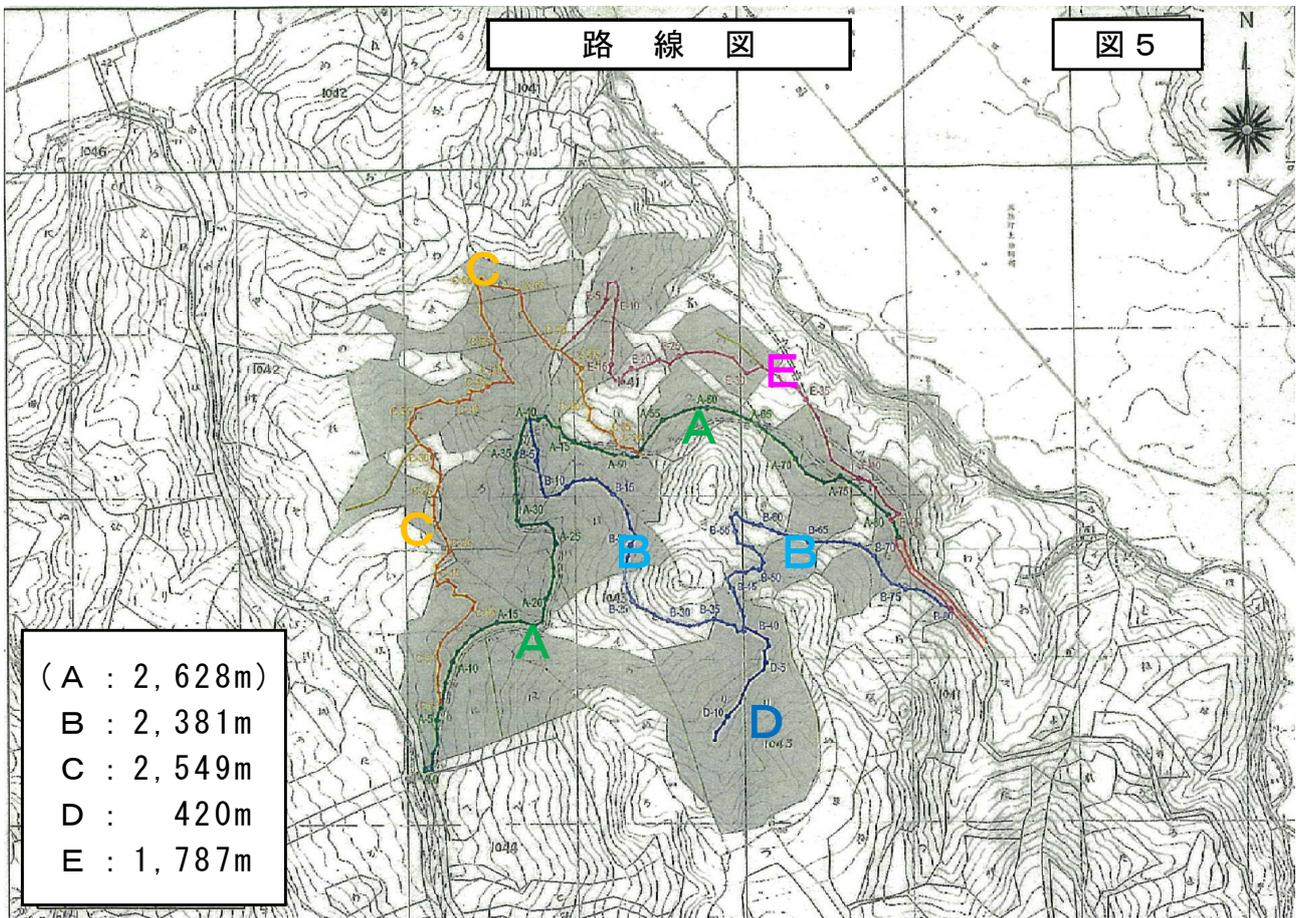
※ストリップロードエリア・・・10度未満程度の緩傾斜地において林内走行型の作業車両
が入る部分

※ストリップロード・・・列状間伐の伐採列を切り盛りを行わず、フォワーダが集材時に(場所
によっては、枝条を敷き詰める)1回～3回程度走る道



3 林業専用道の作設

モデルフィールド全域を網羅する林業専用道を、平成26年度に4路線(B～E路線)延長7,137m新設した。既設の林道(A路線)含め、路網密度は19m/ha→68m/ha(人工林のみ)、15m/ha→52m/ha(人工林+天然林の場合)へ向上。(図5)



4 北海道型作業システム提案区域の事業

(1) 提案区域の作業方法

27年度に森林整備事業の発注に当たり、事業地の一部区域（61.35ha）を、北海道森林管理局技術開発課題「北海道型作業システム提案区域」に選定し、3区画において3種類の作業システムを採用し、保育間伐（活用型）を実行した。

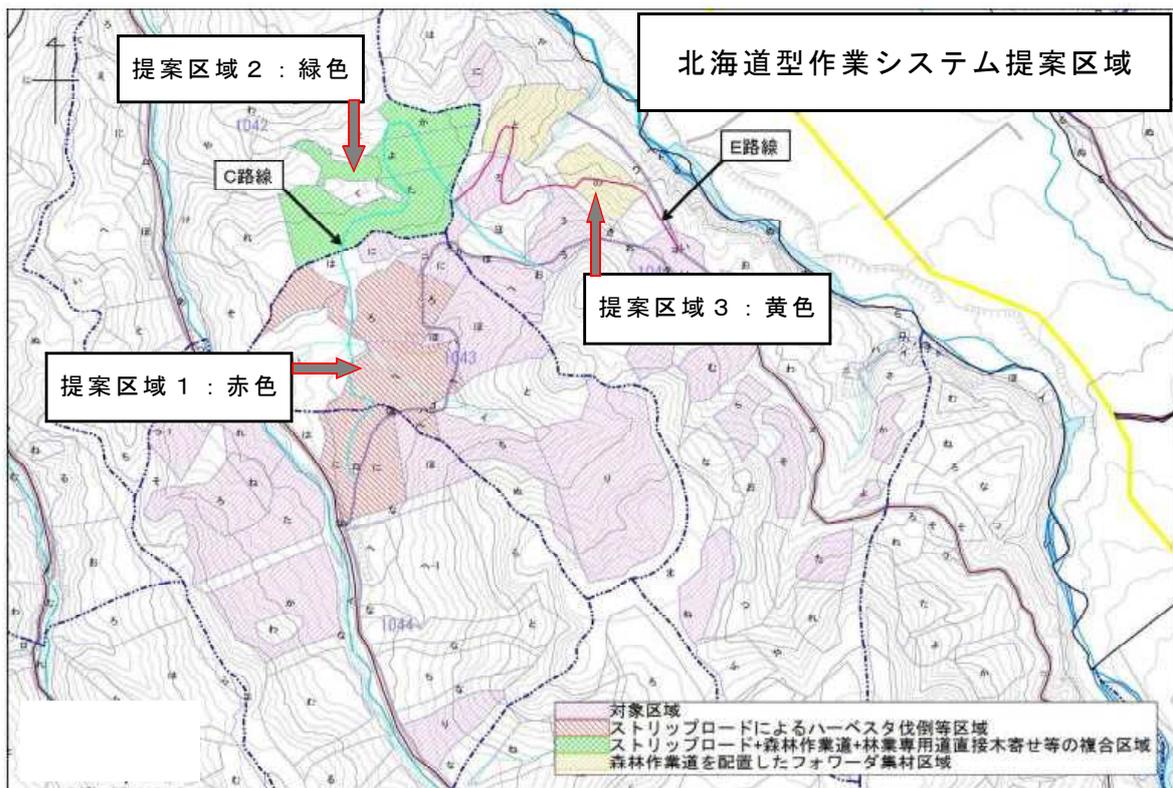


図 6

【提案区域1】

林業専用道からの直接木寄せ・造材、または、伐採列をストリップロードとしたハーベスタ伐木造材、フォワーダ集材

ハーベスタ (2人2台) 伐倒・枝払・玉切り	→	グラップル (1人1台) 集材積込	→	フォワーダ (1人1台) 運搬	→	グラップル (1人1台) 荷下し・巻立	5人 体制
------------------------------	---	-------------------------	---	-----------------------	---	---------------------------	----------

【提案区域2】

本区域をさらに2つに区分けし、2種類の作業システムを採用

2-① 林業専用道からの直接木寄せ・造材、または、伐採列をストリップロードとしたハーベスタ伐木造材、フォワーダ集材

ハーベスタ (2人2台) 伐倒・枝払・玉切り	→	グラップル (1人1台) 集材積込	→	フォワーダ (1人1台) 運搬	→	グラップル (1人1台) 荷下し・巻立	5人 体制
------------------------------	---	-------------------------	---	-----------------------	---	---------------------------	----------

2-② 標準的な森林作業道を配置し、森林作業道上での造材、フォワーダ集材作業

チェーンソー (1人1台) 伐倒	→	グラップル (1人1台) 木寄せ	→	プロセッサー (1人1台) 枝払・玉切り	→	グラップル (1人1台) 集材積込	→	フォワーダ (1人1台) 運搬	→	グラップル (1人1台) 荷下し・巻立	6人 体制
------------------------	---	------------------------	---	----------------------------	---	-------------------------	---	-----------------------	---	---------------------------	----------

【提案区域3】

標準的な森林作業道を配置し、森林作業道上での造材、フォワーダ集材

チェーンソー (1人1台) 伐倒	→	グラップル (1人1台) 木寄せ	→	プロセッサー (1人1台) 枝払・玉切り	→	グラップル (1人1台) 集材積込	→	フォワーダ (1人1台) 運搬	→	グラップル (1人1台) 荷下し・巻立	6人 体制
------------------------	---	------------------------	---	----------------------------	---	-------------------------	---	-----------------------	---	---------------------------	----------

(2) 提案区域の林況・事業実績

表1 提案区域別林況・事業実績

提案区域	林小班	面積 (ha)	植栽年	平均傾斜度	路網密度 (m/ha)		出材量実績 (m³)
					林業専用道	森林作業道	
1	1043へ	7.23	S55	10	59	8	945
	1044に	9.36	S45	11			
	小計	28.36					
2	1042か	2.20	S44	10	53	105	(内ストリップロードエリア32%) 666
	1042よ	6.71	S43	11			
	1042た	12.80	S43	16			
	小計	21.71					
3	1041と	6.60	S57	20	49	164	395
	1041の	4.68	S56	14			
	小計	11.28					
計		61.35			55	71	2,006

※ 樹種は全小班、トドマツ（出材量には、侵入広葉樹を含む）

※ 路網密度・林業専用道には既設林道を含む。

(3) 功程調査結果

調査は、各区域においてフォワーダによる1日の丸太土場搬入量を計測し、生産性を算出した。

表 2 土場における功程調査結果

	フォワーダ 搬入回数 (A)	1台当たり 平均積載量 (B)	搬入量 (A) × (B) = (C)	作業システム 人数 (1)	労働生産性 (C) ÷ (1)
提案区域 1	13	6.2 m ³	80.6 m ³	5人	16.1 m ³
提案区域 2 - ①	16	6.2 m ³	99.2 m ³	5人	19.8 m ³
提案区域 3	16	3.0 m ³	48.0 m ³	6人	8.0 m ³

※ 1 各区域とも土場までの平均集材距離 200 m での作業で計測

※ 2 各区域とも先行伐倒していない状態で計測

提案区域 3 は、旧型作業システムでの実行箇所であり、労働生産性は最も低く 8.0 m³ となり、提案区域 1 及び提案区域 2 - ① に比較して 5 割～ 4 割未満の結果となった。

その要因の 1 つは、フォワーダの 1 台当たり平均積載量 (B) が少ないことによる。原因は、フォワーダの能力 (速度・積載量) に対して、先山でのチェーンソー等による伐木・造材 (木寄せ) 作業が追いついていないことが分かる。

(4) 作業日報調査結果

作業日報を基に、表2のとおり生産コストと労働生産性を算出した。

作業は、1日＝7.5時間（ミーティング0.5時間を含む）

表3 提案区域の生産コストと労働生産性

提案区域1	(1) 作業人日	経費(A) 千円	生産量(B) m3	生産コスト(A/B) 円/m3	作業コスト 比率	コスト比較 対 区域3	労働生産性 (B)/(1)
伐木	10	709		750	35%	24.8%	
造材(木寄せ)	2	101		107	5%		
小計	12	810		857	40%		
集材	13	810		857	40%	26.6%	
巻立	5	281		298	14%		
小計	18	1,091		1,155	53%		
搬出路等作設	0	0		0	0%	17.8%	
その他	6	81		86	4%		
検知	4	61		64	3%		
小計	10	142		150	7%		
計	40	2,044	945	2,163	100%	25.0%	23.6

提案区域2	(1) 作業人日	経費(A) 千円	生産量(B) m3	生産コスト(A/B) 円/m3	作業コスト 比率	コスト比較 対 区域3	労働生産性 (B)/(1)
伐木	21	920		1,382	28%	55.4%	
造材(木寄せ)	6	355		533	11%		
小計	27	1,275		1,915	39%		
集材	18	1,033		1,551	31%	54.6%	
巻立	10	546		820	17%		
小計	28	1,579		2,371	48%		
搬出路等作設	6	273		409	8%	80.3%	
その他	7	102		153	3%		
検知	6	76		114	2%		
小計	19	451		677	14%		
計	74	3,305	666	4,963	100%	57.4%	9.0

提案区域3	(1) 作業人日	経費(A) 千円	生産量(B) m3	生産コスト(A/B) 円/m3	作業コスト 比率	コスト比較 対 区域3	労働生産性 (B)/(1)
伐木	10	194		492	6%	100.0%	
造材(木寄せ)	20	1,172		2,968	34%		
小計	30	1,366		3,459	40%		
集材	17	1,015		2,570	30%	100.0%	
巻立	13	700		1,773	21%		
小計	31	1,715		4,343	50%		
搬出路等作設	5	199		504	6%	100.0%	
その他	6	83		210	2%		
検知	4	51		129	1%		
小計	14	333		843	10%		
計	75	3,415	395	8,645	100%	100.0%	5.3

全区域合計	189	8,764	2,006	4,369			10.6
-------	-----	-------	-------	-------	--	--	------

※ 経費(A)は、機械損料と賃金。

※端数処理の関係で誤差が出る欄がある。

各提案区域（各作業システム）の比較に当たっては、面積や地形条件が均一ではないので、大まかな傾向として捉える必要がある。

【① 労働生産性について】

1人日当たりの労働生産性については、提案区域1では23.6m³/人日、提案区域2では9.0m³/人日、提案区域3では5.3m³/人日となった。前述の工期調査結果と比較すると、提案区域の1と3の開きはさらに拡大した結果となった。

ちなみに、道水産林務部では林業事業体の素材生産性を平成23年度の7.4m³/人日から平成34年度までに12.1m³/人日を目標としている。（「低コスト施業の手引き」平成26年3月）

また、森林総研北海道支所では帯状伐採の生産性について、旧システム9m³/人日からCTLでは30～40m³/人日になるとし、当面は18m³/人日を目標としている。（「緩中傾斜地を対象とした伐採造林一貫システムの手引き」平成28年2月24日）

【② 生産コストについて】

提案区域1は、2,163円/m³、提案区域2は、4,963円/m³、提案区域3は、8,645円/m³となっている。

提案区域3の作業システムは、チェーンソー・グラップル・プロセッサを用いていることにより、伐木・木寄せ・造材のコストが掛かり増しとなっている。また、前述の工期調査結果のとおり、伐倒・造材（木寄せ）における生産性の低さが、その後の集材・巻立作業での手待ち時間を大きくし、システム全体が高コスト化の一因になったと判断される。

【③ 提案区域の評価】

以上の調査で、地形条件等に差異はあるものの、区域1と3を比較すると、区域1の方が労働生産性は約4倍、生産コストは約4分の1となり、どちらとも区域1における作業システムの優位性が顕著に現れる結果となった。

5 路網配置の違いによる生産コストと利益見込みの比較

3つの提案区域全体を1つの施業団地と捉えて、林業専用道を作設した場合と、作設しない場合の生産コストを比較した。

比較方法は、

①林業専用道を作設しない（既設林道から搬出路を新設する）場合

：提案区域における実行結果をもとに、搬出路の延伸に伴う作設費用と集材費用の掛かり増しを見込んだ生産コスト

②林業専用道を作設した場合：提案区域における実行結果の生産コストを比較する。

さらには、

③路網整備後（林業専用道と森林作業道を作設後）

：2回目以降間伐等における生産コストを算出

これらをもとに、初回間伐から主伐までのトータルコストと利益見込みを試算する。

【比較に際しての前提事項】

・林業専用道（既設林道含む）の路網密度：①15m/ha、②55m/ha

- ・搬出路作設距離：①＝7,885m（図上試算）、②＝4,360m（実績）
- ・平均集材距離：①＝645m（図上試算）、②＝248m（実績）
- ・2回目間伐以降の
搬出路作設経費：①では、従来の集材路を作設することとし、毎回の間伐等の都度、追加の作設費を見込む。
②では、森林作業道（繰り返しの使用に耐える土構造）を作設するため新たな作設費は見込まない。
- ・固定費（人員輸送費、機械類運搬経費）は、539千円（実績）を直接経費に加算する。
- ・丸太生産量（生産量）：間伐＝2,006m³（実績）毎回同量と仮定
主伐＝15,092m³（246m³/haと仮定）
- ・トドマツ原木丸太価格：初回間伐＝6,500円/m³（原料材）
2回目間伐＝7,044円/m³ 実績（原料材＋低質材）
3回目間伐＝8,600円/m³（低質材）
主伐＝11,100円/m³（一般材）
- ・林業専用道作設距離：2,457m（実績）、開設費：16,859円/m（実績）
- ・林業専用道は、初回間伐前に新設すると仮定。
- ・林業専用道維持管理経費：草刈11円/m、路面整正11/m、
敷砂利（碎石費＋敷設費）＝700円/5cm厚/m
- ・当該現地は、施業実施計画上では複層林施業群であるが、比較を分かりやすくするため単純化し、単層林施業群（トドマツ伐期齢65年）を当てはめて試算する。

(1) 生産コスト

表4の直接経費は、②が提案区域3箇所の合計実績であり、その区域内に新設した林業専用道の経費を記載している。③は、各路網を設置後のコストであり、搬出路等作設経費が発生しない。①は、②をもとに林業専用道を新設しないことによって増加する、搬出路等作設経費を加算している。

これらを基に、各間伐、主伐毎に係るコストを記載している。

表4 路網設置状況別 生産コスト比較表

ケース		① 既設林道		② 林業専用道新設		③ 路網整備後	
平均集材距離		645m		248m		248m	
		作業人日	経費(千円)	作業人日	経費(千円)	作業人日	経費(千円)
直	伐木	41	1,831	41	1,823	41	1,823
	造材(木寄せ)	28	1,640	28	1,628	28	1,628
	小計	69	3,471	69	3,452	69	3,452
接	集材	123	7,230	48	2,858	48	2,858
	巻立	29	1,528	29	1,528	29	1,528
	小計	152	8,757	76	4,386	76	4,386
経	搬出路等作設	20	852	11	472		
	その他	19	266	19	266	19	266
	検知	14	188	14	188	14	188
費	小計	53	1,306	44	926	33	454
	計	273	13,535	189	8,764	178	8,292
	(人員輸送費+機械類運搬経費)固定費計		539		539		539
合計		273	14,074	189	9,303	178	8,831
林業専用道新設費 (※16,859円/m)				2,457m	41,422		
総計			14,074		50,725		8,831
ケース		① 既設林道		② 林業専用道新設			
伐採毎のコスト (生産量)		作業人日	生産費(千円) (円/m ³)	作業人日	生産費(千円) (円/m ³)		
初回間伐 (2,006m ³)		273 (20)	14,074 7,016	189	9,303 4,637		
2回目間伐 (2,006m ³)		263 (10)	13,655 6,807	178	8,831 4,402		
3回目間伐 (2,006m ³)		258 (5)	13,438 6,645	178	8,831 4,402		
主伐 (15,092m ³)		256 (2.5)	13,330 6,618	178	8,831 4,402		

※ ①での搬出路等作設に係る作業人日は、下段()内数のとおり設定。

生産費を比較すると、初回間伐では、①=7,016円/m³に対して、②=4,637円/m³で約66%、主伐では、①=6,618円/m³に対して、②=4,402円/m³で約67%となり、②におけるコスト削減効果が現れている。

(2) 利益見込み

丸太価格から生産費を差し引き、どのような利益が見込まれるか比較した。(表5)

利益見込み額は、既設林道のみで実行した場合、初回間伐では1,035千円の赤字、2回目間伐から黒字に転じ主伐を終えた段階で合計71,005千円の利益となる。

林業専用道を新設した場合、初回間伐から黒字となり主伐後の合計118,545千円となる。

表5 路網設置状況別 利益見込み比較表

伐採年度	丸太価格 円/m ³	生産費 円/m ³	生産量 m ³	利益見込額(千円)		林業専用道開設費の回収(千円)	
				(丸太価格-生産費)×生産量		専用道の維持 修繕費(B)	新設費 41,422 (A)-(B)-新設費残
				既設林道	専用道新設(A)		
1回目 H17年度	6,500	表3 より	2,006	-1,035	3,737	0	-37,685
2回目 H27年度	7,044	表3 より	2,006	475	5,300	1,901	-34,286
3回目 H37年度	8,600	表3 より	2,006	3,922	8,421	2,036	-27,901
主伐 H52年度	11,100	表3 より	15,092	67,643	101,087	2,198	70,988
合計			21,110	71,005	118,545	6,135	70,988

※ 林業専用道維持修繕費：H17～27年度 草刈5回、路面整正2回、敷砂利1回
：H28～37年度 草刈10回、路面整正2回、敷砂利1回
：H38～52年度 草刈15回、路面整正3回、敷砂利1回 としている。

以上、生産コスト(表4)と利益見込み比較(表5)から、林業専用道の密度を高めたことによる、トータルコスト削減効果と利益拡大が見込まれる結果となった。

林業専用道の開設費は公共投資(一般民有林においては、市町村長が開設)であるため、事業費として取り扱わないが、参考までに、その新設費用と維持修繕費を含めて考えた場合を試算する。

なお、林業専用道の維持修繕費は、

- ・草刈・・・新設以降の5年目から毎年1回
- ・路面整正・・・5年毎に年1回
- ・敷砂利・・・伐採年に年1回

と設定し計算している。

3回目間伐までは赤字となるが、主伐を終えた段階で70,988千円の黒字に転じる結果となった。

6 まとめ

作業システムの選択に当たっては、ハーベスタ・フォワーダシステムの採用、さらには、緩傾斜地では森林作業道を作設せず林内走行を前提としたストリップロードで対応することで、労働生産性の向上が顕著に現れた。今回の調査では、ハーベスタ(2台)・グラップル(2台)・フォワーダの計5台の高性能林業機械等によるシステムを採用しているが、さらなる生産性の向上(機械台数の減など)の余地もあると考えられる。他の事業現地においては、伐採方法や地形条件等の諸条件を勘案し、最適な高性能林業機械と作業システムを選択することが肝要である。

林業専用道の路網密度を高める北海道型作業システムにおいては、森林作業道等の延長が短くなるため、その作設コストと集材コストの削減、さらに2回目以降の間伐・主伐までのトータルコスト削減と利益拡大が見込まれた。

今回の課題では、生産コストの調査を実施したところであるが、林業専用道の開設効果は、その後の造林・保育作業においても、高効率・低コスト化につながることから、森林整備全体のコスト低減にも効果的と考えられる。