

ヘリコプター集材の結果と実用化に向けて

林政課 市 瀬 雅 志

林業課 兼 松 功

ヘリコプター集材の結果と実用化に向けて

林政課 市 瀬 雅 志

林業課 兼 松 功

1 はじめに

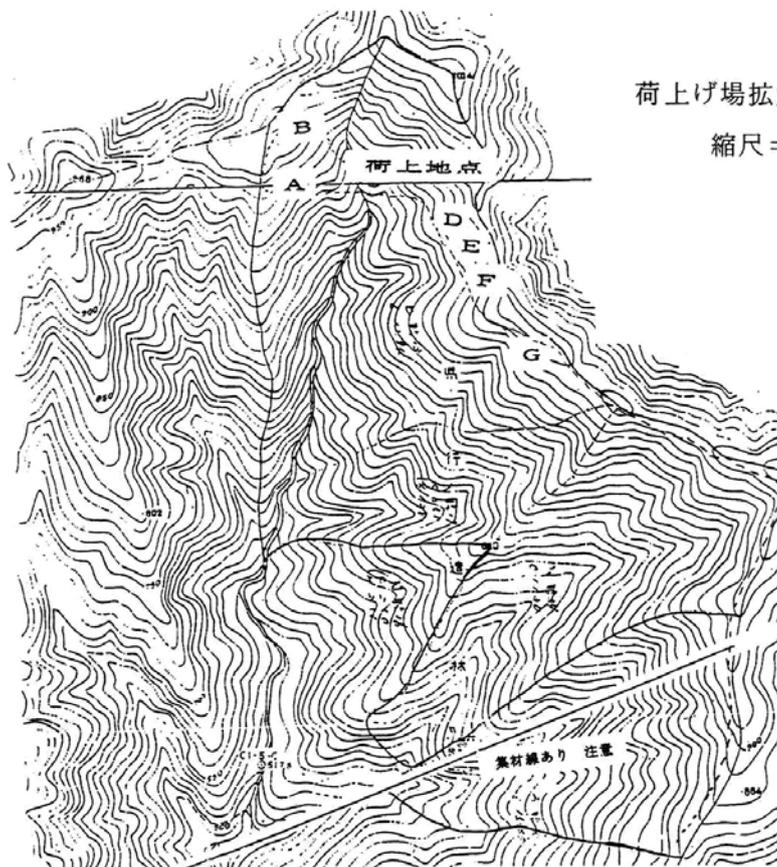
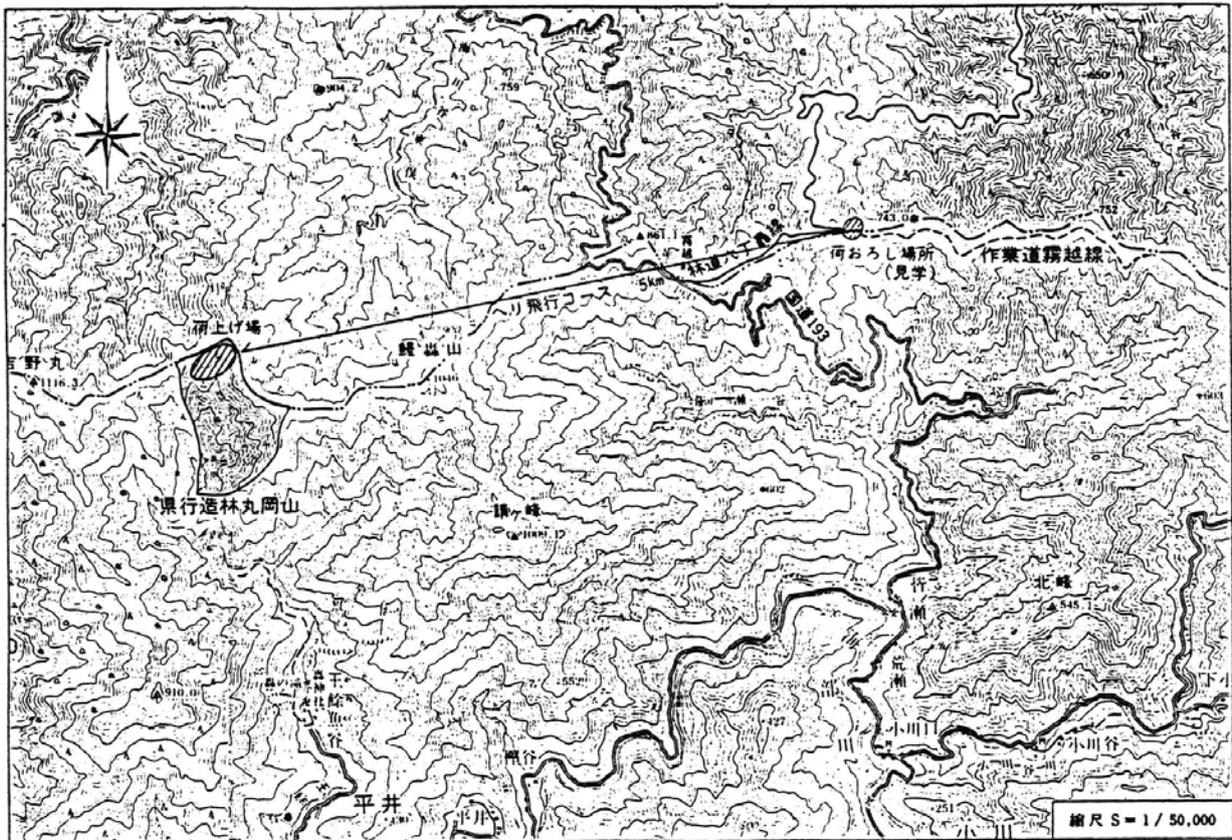
非皆伐施業における木材搬出作業では、生産性の低下による経費の増大傾向は否めないところです。一般に架線集材の生産性は地形的条件に大きく影響され、地形の複雑な林地では架設位置の設定に苦慮することが多いようです。特に複線や2段階集材を強いられる林道未整備の奥地林となれば、択伐は極めて困難なものとなり、採算の見合う可能性も低くなります。

このような場合の有効な手段としてヘリコプター集材が挙げられますが、搬出コストの高騰が懸念されるため、稀小な高価格材への使用以外に考えられることはありませんでした。しかし最近になり、吉野地方等で実施されているように機械化の技術として一般化しつつある事例もでてきました。そこで本県でもヘリコプター集材技術の導入の可能性を見出すため、「機械化林業スクール」において実践したので、ここで紹介し、その作業工程と収支結果についても報告します。また新技術導入に伴う特殊な作業条件下での安全性の確保も重要は課題であるため、この点についても現場での観察をふまえて解説することになります。更に今後の課題についても検討してみました。

2 事業地（図-1）

海部郡海南町の平井（丸岡山）県行造林内の伐採現場は、国道193号線の霧越峠から尾根沿いに、徒歩で約1時間30分の南向き斜面に位置する典型的な天然生奥地林です。ちなみに隣接の人工造林地では現在皆伐事業を実施しており、400mと600mの架線による2段階集材に加えて、2700mの運材索道によって搬出しています。ヘリコプター集材に利用する荷下ろし場の具備すべき条件としては、搬出材積に見合う面積と解放性が要求され、伐採現場からの距離も3km程度が一般的のようです。今回は研修会実施上の都合により約5km離れた林道六丁轟線の土捨場に設定しましたが、本来であれば林道の一部等を利用して飛行距離の短縮を図りたいところです。ただしここは面積も十分に傾斜も5度以内であるため、燃料給油用のヘリポートとしても利用することにしました。飛行コースについては、支障となる尾根が3箇所あるため、荷吊り場と荷下ろし場の標高差210mより大きな上下飛行を要しますが、作業能率に影響を及ぼす程ではなかったと思われます。

(図 - 1)



荷上げ場拡大図

縮尺 = 5,000

3 立木調査（表-1）

ヘリコプター集材では、作業能率の良否が採算性を大きく左右するため、事前の準備が非常に重要となります。特に作業計画の作成の基礎となる搬出材を充分把握しておく必要があるため、綿密な調査を実施しました。まず現場で搬出しようとする立木の見当をつけるため、尾根の南側に点在する天然木を見て廻り、胸高直径の測定と共に番号をつけ、形状も野帳に記録しました。

そして、ヘリコプターでの集材作業は、予算及び時間的制限から30回を想定していたので、搬出材積が約30 m³となるよう採材方法を想定しながら伐採木を選定しました。採材については、曲材や傷材を除いて極力元玉直材を優先するように配慮しました。この結果、形状の良好な杉34本と檜1本を決定し、軽量化を狙って集材までの約2ヶ月間葉枯らし乾燥を実施しました。次に、より正確な材積を調査するために再度現地へ行って伐倒木を測定しました。なお材積の計算方法は可能な限り重量を把握するべく一般的な末口二乗法によらず、中央断面積と材長の積で求めるフーベル式を使用し、材長は株元と余尺を含めた全長として実材積に近づけるよう配慮しました。

以上の結果から搬出する素材の総数は、材積：27,423 m³、丸太数：39本となり、これを基に荷作りを想定したところ、1回当たりの集材材積は、平均0.914 m³で30回の飛行で搬出する計画となりました。

（表-1）

場 所	立 木 番 号	中 央 直 径 (2r)	長 さ (l)	材 積 ($l\pi r^2$)	備 考
A	1	57 cm	4.05 m	1.033 m ³	○
	2	77	3.05	1.420	●
	3	45 元玉	4.05	0.644	┌ └ 0.972
		372 番玉	3.05	0.328	
	4	59	4.05	1.107	○
	5	32	3.05	0.245	┌ └ 0.477
	6	27	4.05	0.232	
	7	52	4.50	0.955	
	8	50	4.05	0.795	
	9	48	4.50	0.814	
	10	60	3.20	0.904	
11	71	3.05	1.207	◎	

場 所	立 木 番 号	中 央 直 径 (2r)	長 (ℓ) さ	材 積 (ℓπr ²)	備 考
	12	63 cm	3.20 m	0.997 m ³	平均運搬材積 0.949 m ³ /回 飛行回数11回
計	13本			10.436	
B	13	46	4.50	0.747	
	14	54	3.50	0.801	
	15	63	3.20	0.997	
	16	60	3.90	1.102	○
	17	65	3.30	1.094	○
計	5本			4.741	0.948 m ³ /回 5回
D・E	18	65	3.20	1.061	○
	19	39 元玉	4.30	0.513	ヒノキ 0.819 "
		31 2番	4.05	0.306	
	20	38 元玉	4.20	0.476	0.675 0.852 m ³ /回 3回
		25 2番	4.05	0.199	
計	5本			2.555	
F	21	47	4.20	0.728	
	22	61	3.20	0.935	
	23	65	3.20	1.061	○
	24	86	3.20	1.858	縦割 2回分
	25	60	3.20	0.904	0.914 m ³ /回 6回
計	5本			5.486	
G	26	43	4.20	0.610	
	27	46 元玉	3.10	0.515	0.782
		29 2番	4.05	0.267	
	28	37	4.05	0.435	1.023
	29	43	4.05	0.588	
	30	31	6.05	0.456	0.981
	31	35	3.05	0.293	
	32	27	4.05	0.232	

場 所	立 木 番 号	中 央 直 径 ($2r$)	長 (l)	材 積 ($l\pi r^2$)	備 考
G	33	39 cm	4.05 m	0.484 m ³	0.809
	34	25	3.05	0.150	
	35	27	3.05	0.175	
計	11本			4.205	0.841 m ³ /回 5回
合 計	39本			27.423	0.914 m ³ /回 30回

4 造材と玉掛け

玉切りに関しては、ヘリコプターの吊り上げ能力が1t程度であるため大径材では3m材とし、なかでも胸高直径が88cmのものについては更にチェーンソーで縦割をしました。逆に小径の2番玉は、付近のものをチルホールで木寄せして1荷にまとめました。玉掛けは、集材作業当日では不慣れのために慌てて手間どる恐れがあるため、事前に終えておくことにしました。しかしそのためにワイヤーロープを事前に人力で搬入したので、相当な人件費を要しました。できれば事前の玉掛けを少なくし、集材作業でのヘリコプターの往路にワイヤーロープを搬入して、同時に行う事が望ましいでしょう。なお使用したワイヤーロープは、直径12mm長さ7mで、安全性も考慮して2点吊りとし、更にアイスパライスの穴にワイヤーを通す方向を逆にして材が空中で安定するよう玉掛けの方法にも工夫しました。

5 ヘリコプターの仕様

今回使用した機種は、木材の搬出用として一般的に使用されているものです。荷吊り用フックは、操縦席から遠隔操作が可能な電磁ロック式となっており、長吊りワイヤーも択伐用の20mと長めのものを使用しました。なお支障木が無ければなるべく短めのものを使用して、作業能率の向上を図るべきでしょう。

主な仕様は以下のとおり。

機 種	富士ベル 204B-II (全長：17.37m, 全幅：14.63m, 全高：4.42m)
積 載 量	1～1.3 t
飛 行 速 度	長距離時：150km/h 作業時 60～80km/h (積載) 100～110km/h (空荷)
上 昇 率	250m/分
航 続 時 間	2 時間
吊 下 げ 最 長 物	10～15m
運 輸 省 認 可 料 金	作業料金：559,200 円/時間 空輸料金：510,600 円/時間

6 集材作業（表-2）

当日の天候は早朝には霧が出ていましたが、作業時には消えて雲りの無風となったためヘリコプターの飛行条件としては理想的な状態であったと言えます。搬出作業に当たっては、伐採現場が5箇所に別れているので現場作業員を2班に分け、第1班が作業中には、第2班は次の場所へ移動できるよう作業計画をたて、現地では互いに無線で連絡をとりました。各班員の構成は、ヘリコプターのライト誘導兼荷掛け担当、同補助役、積み荷調整のための補助役、及びヘリコプターとの無線連絡と作業の指導を担当する航空会社の職員計4名となっています。

飛行距離が約5kmの長距離にも関わらず、気象条件やフック掛け作業が迅速にできたことが幸いし、平均約6分程度の作業工程となりました。当初の予想より作業能率が良好であったので、集材回数を2回増やし調査時に諦めていた2番玉も集材することができました。各荷の重量は、操縦席の測定結果で平均817kgでしたが、最大1.45tの荷でも給油直前には機体の重量が軽いいため、かろうじて搬出することができました。但し、菓枯らし乾燥の効果は択抜林地ということもあり個別の差が大きく、いちがいには言えませんが、平均は比重で約0.9（含水率：160%）であり、効果の上がったものでは比重で約0.6（含水率：80%）程度になったものと思われます。

安全面では、各作業員はヘルメットと共に、ゴーグルを着用してヘリコプターの風圧によって飛散する塵や枝条に対処しました。また荷に引っ掛かっている枝が空中で外れて相当な勢いで落下してくる危険性もあるので、地上作業者はあらかじめ避難場所を想定しておき、フックを掛け終わると同時に素早く退避するよう心掛けました。退避場所は航空会社の指導により、空輸コースから少し外れた立木の反対側としました。

一方土場では、ヘリコプターから降ろされた材を、フォークリフトで回収して即座にトラックに積み込みました。大径材が多く、1回の収材で搬出されてくる荷は1本のことが大半であったので、作業には十分余裕がありました。仮に飛行距離が短く1回の工程が3分程度であっても、十分に対応できると考えられます。なお土場の面積に余裕があり、トラックのユニックで積み込みができる程度の材であれば、フォークリフトの必要性もなくなります。一般的には作業能率の高いこの方法が最適でしょう。

全体的には、時間に十分余裕のある作業条件であったと言えます。

(表-2)

回	作業時刻 (出発～荷下ろし終了)	所要時間 (分'秒")	場所	重量 (kg)	材積 (m³)	備考
1	10:51:00～10:57:25	6'25"	E	700	0.819	
2	10:57:25～11:03:35	6'10"	E	600	0.675	
3	11:03:35～11:10:00	6'25"	E	800	1.061	ワイヤー搬入
4	11:10:00～11:16:10	6'10"	D	650	0.747	
5	11:16:10～11:22:10	6'00"	F	850	1.061	
6	11:22:10～11:28:05	5'55"	F	800	0.929	縦割
7	11:28:05～11:33:35	5'30"	F	750	0.929	縦割
8	11:33:35～11:40:20	6'45"	F	600	0.728	フック掛け失敗
9	11:40:20～11:46:30	6'10"	F	500	0.675	
10	11:46:30～11:52:25	5'55"	F	700	0.904	
11	11:52:25～12:00:00	7'35"	F	800	0.935	
油	(昼食, 休憩) 小計	1.09'--"		7,750	9.463	
12	12:42:00～12:46:45	4'45"	B	650	0.747	
13	12:46:45～12:52:05	5'20"	B	900	0.997	
14	12:52:05～12:57:30	5'25"	B	800	0.801	
15	12:57:30～13:03:15	5'45"	B	900	1.102	ワイヤー搬入
16	13:03:15～13:09:05	5'55"	B	900	1.102	
17	13:09:05～13:14:55	5'50"	B	1,250	1.094	
18	13:14:55～13:20:40	5'45"	B	750	0.997	
19	13:20:40～13:26:45	6'05"	B	1,350	1.207	荷重大
20	13:26:45～13:32:15	5'30"	A	800	0.904	
21	13:32:15～13:37:15	5'00"	A	600	0.814	
22	13:37:15～13:45:00	7'45"	A	1,450	1.272	荷重最大
油	小計	1.03'--"		10,350	11.037	
23	13:51:00～13:56:50	5'50"	A	950	1.033	

回	作業時刻 (出発～荷下ろし終了)	所要時間 (分'秒")	場所	重量 (kg)	材積 (m³)	備考
24	13:56:50～14:02:25	5'35"	A	900	1.107	
25	14:02:25～14:08:00	5'35"	A	850	0.972	
26	14:08:00～14:13:45	5'45"	A	850	1.420	材積最大
27	14:13:45～14:19:35	5'50"	A	650	0.955	
28	14:19:35～14:25:30	5'55"	G	850	0.981	ワイヤー搬入
29	14:25:30～14:31:15	5'45"	G	900	1.023	
30	14:31:15～14:39:25	8'10"	G	700	0.782	フック掛け直し
31	14:39:25～14:44:50	5'25"	G	650	0.610	
32	14:44:50～14:52:00	7'10"	G	750	0.809	
	小計	1.01'--"		8,050	9.962	
	合計	3.13'--"		26,150	30.192	
	平均	6'19"		817	0.944	

注) 場所Cは不良木が多いため、調査終了後に作業計画から除外した。

7 事業費の内訳(表-3)

まず事業経費の中で注目すべきは、当初その大部分を占められていたヘリコプターの借上料以外にも相当な経費がかかっている点です。特に集材作業での能率を意識し過ぎたために、事前の調査等に手間をかけ過ぎた感があります。ワイヤーの搬入も人力によらず、集材作業当日のヘリコプターで実施すれば不要となり、実際吉野地方ではその方法で行っています。また荷掛け作業も作業員が慣れてくれば2人で十分対応できると思われます。

今回は研修会を兼ねており、作業者の経験も無く、事業量も少ないなど、採算性をある程度無視した事業でしたが、搬出距離の短縮など、作業環境全体から見直すれば、相当な経費削減が可能です。

なお、表中の金額は、実際に支出した金額ではなく、標準的なもので算出したものも含まれています。従って実質経費は、これよりいくぶん安く上がったことを付け加えておきます。

(表-3)

	項目	金額	算出基礎	備考
事前準備経費等	現地・選木調査	40,000	4人	搬出木の選定及び材積予想のための基礎調査
	伐倒	84,000	7人	立木は葉枯らしのため伐倒のみ、支障木の除伐
	林積調査	40,000	4人	採材及び荷作りのための調査
	造材・荷作り	96,000	8人	ワイヤー搬入、チルホールでの人力木寄せ
	土場整地	36,000	3人	整地、ヘリコプター着地用板の設置等
	ワイヤー燃料等運搬	15,000	1台	ドラム缶200ℓ×10本、4t車使用
	計	311,000		(12,437円/㎡)
搬出作業経費等	ヘリコプター回送	1,021,200	約2時間	神戸ヘリポートから海南町までの往復空輸料
	〃 作業	1,677,600	約3時間	確認飛行、航空会社の作業員輸送を含む
	〃 諸経費	200,000		予備調査、事業打合わせ、事務雑費等
	小計	2,898,800		(115,924円/㎡)
	荷掛け	72,000	6人	積荷調整のための予備人員を含む
	フォクリフト回送	15,000	1台	3t車使用
	〃 借上	10,000	1台	
	〃 運転	12,000	1人	
	木材運送	101,460	3台	小松島市まで約100km 8t車使用
	積込・土場整理等	60,000	5人	無線連絡係及び指示監督等を含む
	マーキング等	12,000	1人	極印打ち等
	交通整理	12,000	1人	一般車両等の通行規制及び誘導
	小計	294,460		(11,776円/㎡)
	計	3,193,260		(127,700円/㎡)
合計	3,504,260		(140,136円/㎡)	

- 注1) 賃金単価は、調査等：10,000円/人、実作業：12,000円/人（各保険料含む）で計算。
 2) ヘリコプター借り上げ料は運輸省認可料金で計算。実際の契約料は2,678,000円(税込み)。
 3) ()内の平均単価は市売り材積（末口二乗法）により算出。

8 木材販売結果（表-4）

集材した杉がほとんどで、その形質は天然木であるために節も多く、水割れや中央に腐りの入ったものもあり、必ずしも全部が優良材ではありませんでした。それでも最高は杉で 15 万円/m³、檜では 23 万円/m³で販売されました。3mの大径材が大部分を占めるため、主に板材として販売されました。

なお、販売された材積が調査した材積より少ないのは、前述のとおり計算方法の違いと、集材作業の当日に増量したことによります。

（表-4）

	樹種	長さ	本数	総材積	平均価格	総販売額	消費税	備 考	
販売金額	杉	3	28	17.247	(88,408)	1,524,777			
		4	20	7.146	(63,688)	455,112			
		小計	48	24.993	(81,166)	1,979,889			
	檜	3	1	0.059	(45,000)	2,655			
		4	2	0.554	(466,968)	92,500			
		小計	3	0.613	(155,228)	95,155			
合 計		51	25.006	(82,982)	2,075,044	62,251	税込総販売額： 2,137,295 円		
市場手数料	販売手数料						145,253		販売額の 7 %
	積立料						17,504		7 0 0 円/m ³
	合 計						162,757	4,883	税込手数料： 167,640 円
差 引 収 入						1,912,287	57,368	税 込 収 入： 1,969,655 円	

9 事業結果と考察

今回の事業は、研修を第一の目的として計画したため、当初から採算性を期待せずに行われ、その結果として大幅な赤字となりました。

その原因については、まず事業量が極端に少量であったことが挙げられます。事業量が十分にあれば事業費のうちヘリコプターの回送料の占める比率は相対的に下がります。実作業では、4 時間程度の搬出作業をするために、約 2 時間にも及ぶ回送料を経費として要したことになります。現実的に考えるならば、近接する場所で事業をまとめ、作業員の通年就労等も加味した計画を立てることが必要です。

また搬出距離が長く、全体的な作業能率が低かったことも大きな要因です。今回は、荷作りを事前に済ませておいたため、山の作業員はフック掛け以外の作業があまり無く、無駄な時間が多かったようです。ワイヤーをヘリコプターによる空輸とし、集材作業の合間に荷作りをすれば、時間を有効利用することができ、事前のワイヤー搬入作業も不用となります。一方、土場の作業員も同様に、余分な時間を浪費することとなったので、ヘリコプターによる搬出距離も 3km 程度に設定し、全体的な効率を上げるべきでしょう。更に、事前調査の簡略化など再検討の余地は随所にあると思われます。

今回の事業の収支結果：－1,313,805円（－52,340円／m³）

注）但しヘリコプター借上料のみ，実際の契約料で計算。

10 ヘリコプター集材の特徴

今回の事業をふまえ，ヘリコプター集材の利点と欠点について，以下にまとめてみました。

1) 利 点

- ① 地形の影響を受けにくい。
- ② 大がかりな設備の設置を要しない。
- ③ 人件費が他の方法に比べて極端に少ない。
- ④ 事業に伴う事前の準備期間が比較的短く，事業の完了も早い。（土場借上料も軽減できる。）
- ⑤ 伐採種の違いによる作業工程への影響が少ない。
- ⑥ 伐採木も残存木も共に傷めることが少なく，長尺材でも同様に搬出可能。（択伐作業に有利。）

2) 欠 点

- ① 気象の影響を受けやすい。（雨天時等は作業不可能。）
- ② 機械作業自体のコストが相対的に高い。
- ③ 1回当り輸送能力の限界が比較的低い。（機種で異なるが木材搬出用は1t程度が一般的）
- ④ 採材及び造材が，ヘリコプターの能力に制約され，必ずしも販売に有利な材を生産できない。
- ⑤ コストに見合う搬出でまとまった事業量を確保することが比較的困難。
- ⑥ 事前の現地調査と事業計画の作成が複雑。
- ⑦ 搬出作業での事故は，即人命に関わる。
- ⑧ 騒音が大きいため，人家及び畜舎近辺での作業が困難。
- ⑨ 交通量の多い道路を横断するような飛行経路はとれない。
- ⑩ 面積が広く開放性があり平坦で傾斜も少なく，伐採現場から近距離であることなど，土場として使用する場所の設定が困難。

11 可能性の検討

ヘリコプター集材を実用化するためには，大きな2つの課題が考えられます。

まず第一にまとまった事業量の確保が挙げられます。これには，数人の事業主が集まって事業の共同化を図る方法が有力です。また，苗木の運搬等も事業計画に組み込めば，たとえ大面積所有者でなくとも採算性の高い事業とすることが可能となります。なお林業以外に，山間地域における救急や防災対策への応用と普及が期待されている面もあり，総合的な利用が期待できます。

第二としては，ヘリポートや作業用土場の整備が必要になります。これまでは，林道網の高密度化によって林業の生産性を向上させる方法が，一般的にとられてきましたが，ヘリコプターの利用を考えるならば，従来より広い面積を持つ土場も各要所に設ける必要がでてきます。またプロセッサのように高能率な大型機械の導入必要性に迫られているなど，林業の機械化を推進する上でも，必要となってくるでしょう。これを早急に解決することは困難ですが，項在は森林の大部分が未成熟であるため，本格的に木材生産が行われるようになるまでに，作業方法を検討しておくべきでしょう。

12 まとめ

以上、ヘリコプター集材は必ずしも万能ではないものの、従来の方法では搬出不可能と思われるような林地でも、木材生産ができる可能性を見出したことは、大きな収穫です。また、これまでのワクを超越して広範囲にわたる事業が、短期間で実施できることは、今後の林業に及ぼす影響も大きいと思われます。特に、今日の人件費の高騰や労働力の減少は一段と深刻化しており、こういった新技術の導入は、魅力ある林業への一方向として、また木材の安定供給のためにも必要不可欠なものと考えられます。従って本県でも、あらゆる条件を整備すると共に、集材方法の1つとして技術が確立されるよう、実用化へ向けて取り組む必要があるでしょう。

最後に、今回の「機械化林業スクール」は、現地となった海南町及び海部川森林組合並びに㈱サンモリの皆様をはじめ、多くの方々の御協力によって実施できたことを、末筆ながら心より厚く御礼申し上げます。