

論文

## 島根県におけるヘリコプター集材事業

越智俊之

### Evaluation of Helicopter Transportation System for Thinned Softwood Logs in Shimane Prefecture

Toshiyuki OCHI

#### 要 旨

島根県において、平成14年度からの2年間スギ・ヒノキの間伐材生産のためにヘリコプター集材事業が実施された。そこで、この事業の実施状況等を調査し、島根県におけるヘリコプター集材事業の実用化に向けて必要な条件を検討した。選木の状況は、スギではランダムであったが、ヒノキについては大径木を優先的に選木した事業地もあった。作業時間について、1回の集材にかかるヘリコプターの往復時間は約3分であった。そのうち、伐採現場のヘリコプター誘導に1分程度、材の吊り上げに30秒程度かかっていた。土場での作業は、グラップルによる材の仕分けに1分以上かかっていたが、グラップルによる作業の多くは3分以内で終了した。事業費に占めるヘリコプター集材費の割合は約50%であった。今回の事業ではAS350とSA315の2種類のヘリコプターを使用した。SA315を使用した場合には集材率が低かった。事業収支を黒字にするためには、集材率の向上が必要である。現在のスギ丸太の素材価格では収支をプラスにすることは難しいが、ヒノキでは一定量以上集材できれば収支をプラスにすることができると推定された。

#### I はじめに

島根県のスギ・ヒノキ人工林の多くは間伐対象齢級(4～8齢級)に達しているが、間伐未実施林分が多い。間伐材の利用を促進するためには、搬出経費の削減と労務省力化が不可欠である。森林組合等においては高性能林業機械の導入がすすめられている。高性能林業機械による作業システムが機能するためには、林内路網の整備が不可欠である。しかし、間伐対象森林の中には、林内路網の開設が困難な地域が数多くある。また、間伐対象森林が分散している地域もあり、それぞれに路網を整備することは困難である。

そのような路網の整備が困難な地域の間伐材の集材には、ヘリコプターの利用が有効である。ヘリコプター集材は、地形等の諸条件に制約を受けることなく間伐実施林分に到達でき、林内から伐採された間伐材を高速で搬出できる。従来、ヘリコプターを利用した集材は銘木材生産に限られたが、他県において銘木以外の木材生産の

ためにヘリコプターを使用する事例がみられる(鈴木・酒井, 1989; 鈴木・酒井, 1990; 岐阜県林業短期大学校, 1997; 広島県立林業技術センター, 1999; 時光・池田, 2000)。島根県においても、島根県森林組合連合会がスギ・ヒノキの一般材生産のためにヘリコプターを活用した集材事業を平成9年度以降、5カ年計画で試行した。さらに、平成14～15年度にかけては、間伐材生産新システム導入事業として、島根県森林組合連合会が実施主体となりヘリコプター集材事業が行われた。

ヘリコプター集材による間伐材生産を事業として成立させるためには、ヘリコプター集材の実用化のための条件を整理する必要がある。そこで、本事業の実施状況等について調査し分析を行った。

なお、本調査は島根県農林水産部森林整備課の委託調査事業として実施した。

## II 事業地の概況および試験方法

### 1. 事業地の概況

平成14年度には7事業地、平成15年度には6事業地でヘリコプター集材事業が実施された(図1, 表1)。いずれの事業地も齢級は6~8齢級であった。

### 2. 試験方法

#### 1) 毎木調査

ヘリコプター集材事業における選木、伐採の状況等を把握するため、事業地内に立地状況等が偏らないように調査プロット(20m×20m)を設置して、プロット内の全立木の胸高直径・選木の有無および幹の形状を調査した(表2)。調査した事業地は、平成14年度が弥栄村栃木、平成15年度が匹見町広瀬および羽須美村細貝で行った。樹高は、各プロット20本計測した。弥栄村栃木は、すでに伐採・集材作業が完了していたため、調査プロット内に残った全立木を測定した。

選木状況を把握するため、選木された木(以下、伐採木)と林内に残された立木(以下、残存木)の胸高直径

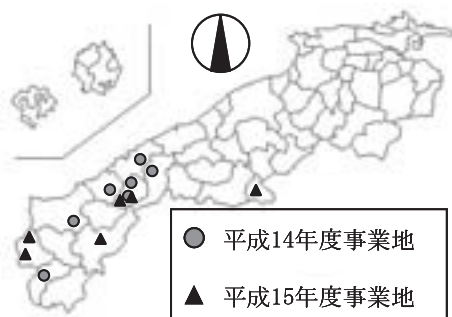


図1 事業地の位置図

表1 各事業地の林況

年度	事業地	樹種	面積 (ha)	標高 (m)	傾斜 (度)
14	金城町七条	スギ	3.00	220	20
	浜田市後野町		3.00	300	15
	弥栄村田野原	2.19	285	15	
	弥栄村栃木	スギ	7.19	550	15
	三隅町井川	ヒノキ	5.57	100	15
	益田市猪木谷	混交林	7.45	290	20
	柿木村柿木	3.70	375	20	
15	匹見町広瀬	ヒノキ	7.00	540	30
	津和野町豊嫁	2.96	400	25	
	弥栄村田野原	スギ	2.29	295	25
	弥栄村程原	ヒノキ	8.33	380	25
	羽須美村細貝	混交林	1.65	410	20
	津和野町邑輝	7.67	295	20	

を用いて、Mann-WhitneyのU検定を行った。弥栄村栃木については、ヘリコプター集材終了後に調査を行ったため、プロット内の全残存木および切株の地際直径を計測し、同様に解析した。

#### 2) 作業サイクル時間調査

作業工程を把握するため、津和野町邑輝の事業地でビデオカメラを伐採現場と土場に各1機設置して、集材状況を撮影して、作業工程のサイクルタイムを計測した。

ヘリコプターが集材した木材が土場の地面に接地してから次の木材が接地するまでの時間を1フライト時間とした。フライト時間の区分は表3のとおりとした。

伐採現場での作業は、「誘導」と「吊り上げ」に分けて時間を計測した。「誘導」は、伐採現場の作業員がヘリコプター誘導のための誘導灯の点灯開始から作業員が吊り上げ用のワイヤを掴むまでの時間とした。「吊り上げ」は、ワイヤに木材をかけて木材が吊り上がるまでの時間とした(表4)。土場での作業は、「接地」、グラップルの「前進」・「仕分け」・「後退」の4工程に分けて時間を計測した。「接地」とは、ヘリコプターが集材してきた木材が地面に接地してワイヤを放すまでの時間とした。「前進」は、グラップルが待機場所から集材してきた木材まで前進する時間とした。「仕分け」は、グラップルが木材を掴み仕分ける時間を仕分け時間とした。「後

表2 毎木調査実施事業地

	平成14年度		平成15年度	
	弥栄村栃木	匹見町広瀬	羽須美村細貝	
樹種	スギ・ヒノキ	ヒノキ	スギ・ヒノキ	
面積 (ha)	7.19	7.00	1.65	
齢級	6~8	6~8	6~8	
プロット数	7	3	3	

表3 フライト時間の区分

項目	内容
通常	木材のみを搬出した集材時間
資材運搬	土場から間伐現場まで吊り上げ用ワイヤ等の資材を運搬するのにかかった時間
給油	土場まで木材を搬出し、給油後、次の木材を集材して土場まで戻るまでの時間

表4 作業の内訳

場所	項目	内容
伐採現場	誘導	ヘリコプターの誘導
	吊り上げ	木材の吊り上げ
土場	接地	木材を降ろす時間
	前進	グラップルの前進
	仕分け	材の仕分け
	後退	グラップルの後退

退」は、仕分けを終了したグラブが待機場所に後退し上部旋回体が旋回するまでの時間とした（表4）。

集材丸太の長さを目視により3, 4, 5, 6, 7, 8mに区分して記録した。3～5mを短尺、6～8mを長尺とした。

### 3) 事業収支調査

事業収支について、平成14, 15年度実績報告書により、事業地ごとの木材の売却収益やヘリコプターの機種別の性能および集材効率について検討した。

ヘリコプターによる集材費用に影響を与える要因を検討するために、ヘリコプター集材費を従属変数に、伐採面積や集材材積、フライト数、ヘリコプターによる集材距離等を独立変数として、ステップワイズ重回帰分析を行った。

ヘリコプター集材事業の事業収支について、総費用と集材材積等から分析し、事業収支を黒字に転換する条件について検討した。

事業費は、「ヘリコプター集材費」と「それ以外の費用（伐採現場での選木・伐採・採材・土場から市場までの運搬費等）」に分けた。

なお、今回の調査事業地は1事業地に対して1ヘリポートおよび1土場を備える形式であったため、伐採現場、ヘリポートおよび土場がそれぞれ1つずつある形式を1事業地とした。

## III 結果と考察

### 1. 集材材積

平成14年度は、スギ2林分、スギ・ヒノキ混交林5林分の計7事業地の32.10haで事業が実施され、1075.0m<sup>3</sup>の間伐材を搬出した。事業地の平均面積は4.59haで平均153.0m<sup>3</sup>の間伐材が搬出され、搬出量は33.5m<sup>3</sup>/haであつ

た（表5）。平成15年度はヒノキ1林分、スギ・ヒノキ混交5林分の計6事業地、計29.90haで事業を実施し、1107.0m<sup>3</sup>の間伐材を搬出し、搬出量は37.0m<sup>3</sup>/haであった。事業地の平均面積は4.98haで平均184.5m<sup>3</sup>の間伐材が搬出された。2年間で合計62.00haを間伐し、2182.0m<sup>3</sup>の間伐材を搬出し、搬出量は35.2m<sup>3</sup>/haであった。

### 2) 毎木調査

各調査地の毎木調査結果を表6に示す。弥栄村のスギは平均樹高20.7m、平均胸高直径は26.0cmであった。また、ヒノキの平均樹高は弥栄村、匹見町、羽須美村それぞれ16.1m、12.9m、17.0mであった。平均胸高直径は弥栄村、匹見町、羽須美村それぞれ22.3cm、18.8cm、19.9cmであった。各事業地の樹高と胸高直径の平均値と島根県林分材積表（島根県農林水産部造林課、2002）と比較すると地位1かそれに準ずる地位条件であった。県内人工林の中でも比較的生長の良好な事業地が選定されていた。

表5 各事業地の状況

年度	事業地	面積 (ha)	搬出距離 (m)	搬出材積 (m <sup>3</sup> )
14	金城町七条	3.00	1,000.0	100.0
	浜田市後野町	3.00	900.0	120.0
	弥栄村田野原	2.19	1,000.0	125.0
	弥栄村栃木	7.19	800.0	300.0
	三隅町井川	5.57	1,300.0	100.0
	益田市猪木谷	7.45	500.0	240.0
	柿木村柿木	3.70	500.0	90.0
	14年度合計	32.10		1,075.0
14年度平均	4.59	857.1	153.6	
15	匹見町広瀬	7.00	500.0	139.0
	津和野町豊嫁	2.96	1,000.0	149.0
	弥栄村田野原	2.29	300.0	50.0
	弥栄村程原	8.33	1,000.0	110.0
	羽須美村細貝	1.65	300.0	89.0
	津和野町邑輝	7.67	1,500.0	570.0
	15年度合計	29.90		1,107.0
	15年度平均	4.98	766.7	184.5
総計	62.00		2,182.0	
全体平均	4.77	811.9	167.8	

表6 毎木調査の結果

年齢級 樹種	弥栄村				匹見町		羽須美村	
	6~8				6~8		6~8	
	スギ		ヒノキ		ヒノキ		ヒノキ	
項目	H(m)	DBH(cm)	H(m)	DBH(cm)	H(m)	DBH(cm)	H(m)	DBH(cm)
計測数	57	81	40	60	60	208	60	178
平均値	20.7	26.0	16.1	22.3	12.9	18.8	17.0	19.9
最大値	25.9	59.7	18.8	27.7	16.5	30.1	23.9	29.6
最小値	14.9	12.7	13.8	15.2	8.8	6.5	12.4	12.8
標準偏差	2.4	7.2	1.2	2.8	1.9	4.5	2.3	3.2

※弥栄村は、すでに伐採・集材作業が完了していたため、調査プロット内の全立木の結果である

※Hは標高、DBHは胸高直径を示す

弥栄村栃木での計測した残存木の地際直径と胸高直径の関係は、スギでは重相関係数（ $R^2$ 値）が0.8869と非常に高い値を示したことから、地際直径と胸高直径の間には高い正の相関関係を認めた。また、ヒノキでは重相関係数が0.5617とスギに比べて低かったが、地際直径と胸高直径の間で正の相関関係を認めた（図2）。このことから、調査プロット内の伐根を伐採木の伐根として、伐採木と残存木の地際直径を比較した。スギは有意差を認めなかったが、ヒノキは有意差を認めた（スギ： $p=0.163$ 、ヒノキ： $p=0.007$ ）。ヒノキは伐根の地際直径が残存木の地際直径よりも有意に大きいことから、地際直径の大きなヒノキを選んで伐採したといえる（図3）。また、地際直径と胸高直径の関係式から、伐採木の胸高直径を推定したところ、スギの胸高直径の平均値は28.3cmで、ヒノキの平均値は23.7cmであった（表7）。

匹見町広瀬での伐採木の平均胸高直径は22.6cmで、残

存木の平均胸高直径は18.1cmであった。伐採木と残存木の胸高直径について解析した結果、有意差を認めた（ $p<0.001$ ）。このことから、匹見町広瀬では、胸高直径の大きいヒノキを選んで選木されていた（図4）。

羽須美村細貝の樹種はスギ・ヒノキであったが、スギは計測本数が少ないため解析しなかった。ヒノキの胸高直径の平均値は、伐採木が19.4cmであり、残存木が20.1cmであった。解析の結果、ヒノキにおいて伐採木と残存木の間には差は認められなかったため、羽須美村細貝では胸高直径に関係なく選木されていた（図5、 $p=0.271$ ）。

3事業地での毎木調査の結果、スギはランダムな選木が行われ、ヒノキは事業地ごとに異なるが、大径木を選木した傾向があった。大径材を選木した伐採を実施する方が採算上は有利になると思われるが、事業地ごとに選木の状況が異なった。

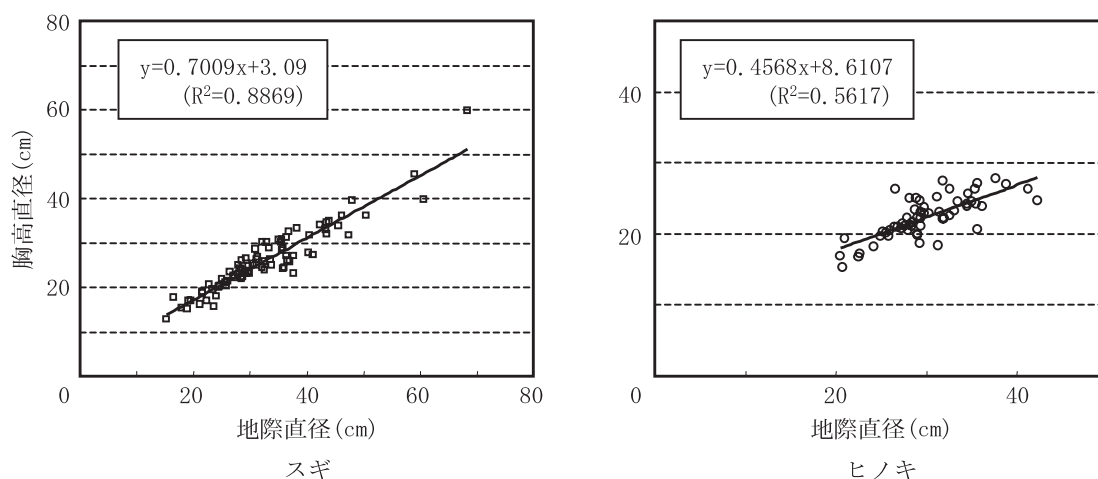


図2 残存木の地際直径と胸高直径の関係

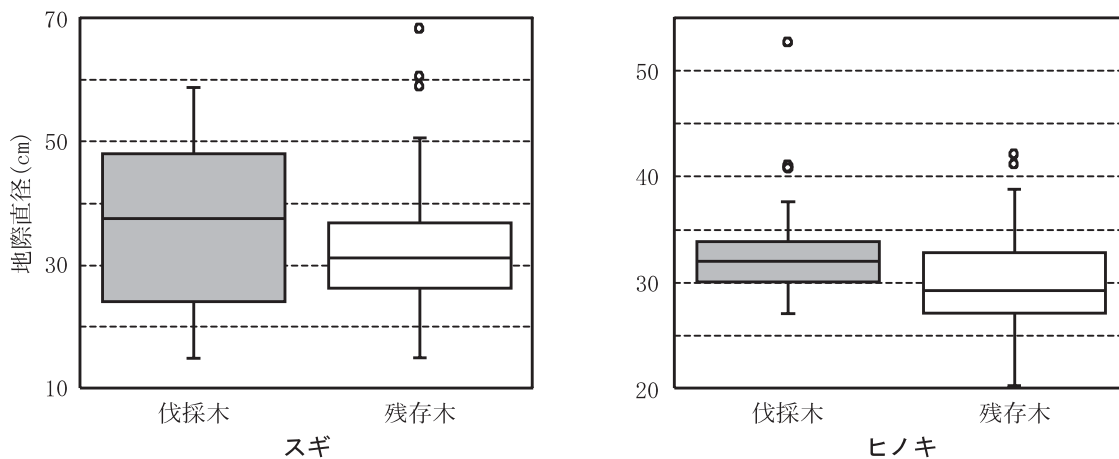


図3 伐採木と残存木の地際直径

## 2. 作業サイクル時間調査

作業サイクル時間調査は、津和野町邑輝の事業地のみで実施した。

### 1) フライト時間

フライト時間は、102回の集材工程で調査した。「通常（木材のみを搬出した時間）」の集材工程は90回で、平均時間は約3分であった（表8）。「資材運搬」の時間は「通常」の集材に比べて長い。土場でワイヤ等をヘリコプターに吊す作業が含まれるためである。「給油時間」は約15分であるが、作業時間に次の木材の集材時間も含まれることから、実質の給油時間は通常の集材時間（約3

分）を除いた約12分である。

### 2) 伐採現場での作業時間

「誘導」時間は平均50秒であった。ヘリコプターから降ろすワイヤが立木にかかるなど手間取ったケースが2回あり、いずれも100秒を超える時間がかかったが、誘導時間のバラツキ（標準偏差）は小さく、誘導はスムーズに実施されていた（表9）。標準偏差は、平均値からのデータのバラツキを示す数値であるため、平均値が小さく標準偏差の大きい項目は、作業時間のバラツキが多い項目であるといえる。

「吊り上げ」時間は平均30秒であった。吊り上げている途中で丸太が立木にかかり吊り上げ直した場合と木材が重すぎたためか本数を調整した場合が各1回あった。この場合には平均の4倍の時間がかかったが、誘導時間と同様にバラツキは小さかった。吊り上げ時間と丸太の本数の関係を調べたが、重相関係数は0.001と両者に相関関係が認められず、吊り上げ本数は作業の時間に影響しなかった。

### 3) 土場での作業時間

土場の「接地」・「前進」・「後退」の各作業時間について、「仕分け」に比べてバラツキ（標準偏差）は小さかったため、作業は円滑に実施されていたといえる（表10）。

「接地」ではほとんどの場合、木材が地面についてか

表7 伐採木の胸高直径の推定値 (cm)

	スギ	ヒノキ
計測数	42	30
平均値	28.3	23.7
最大値	44.2	32.7
最小値	13.6	21.1
標準偏差	9.0	2.3

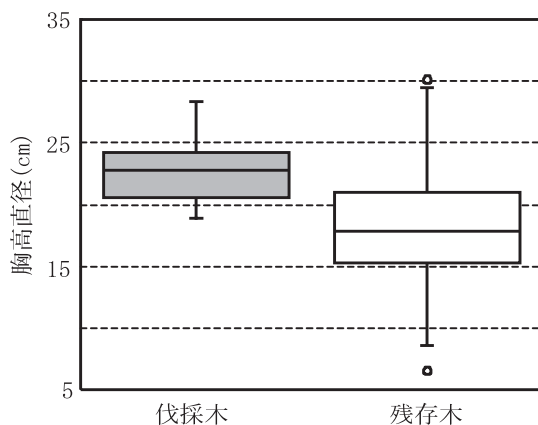


図4 選木と残存木の胸高直径 (匹見町)

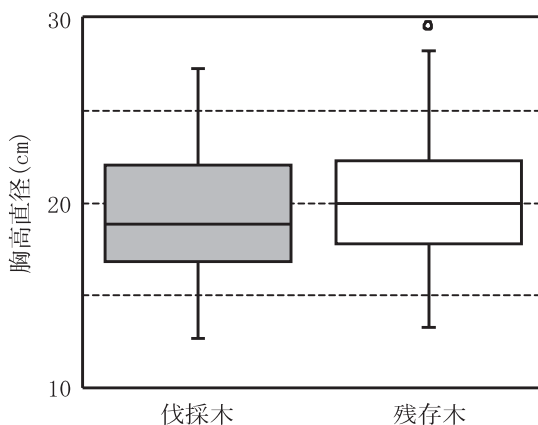


図5 選木と残存木の胸高直径 (羽須美村)

表8 1回のフライト時間 (秒)

	通常	資材運搬	給油
計測回数	90	8	4
平均値	185.6	197.4	915.3
最大値	261.0	241.0	990.0
最小値	150.0	169.0	860.0
標準偏差	23.4	20.9	47.0

表9 山での作業時間 (秒)

	誘導	吊り上げ
計測回数	56	67
平均値	51.2	33.1
最大値	110.0	120.0
最小値	18.0	22.0
標準偏差	18.5	12.7

表10 土場での作業時間 (秒)

	接地	前進	仕分け	後退
計測回数	105	105	100	92
平均値	7.0	21.2	78.2	23.6
最大値	28.0	32.0	130.0	38.0
最小値	3.0	15.0	44.0	8.0
標準偏差	4.7	3.5	19.7	8.2



らずぐに木材のワイヤが放されヘリコプターは次の集材に向かった。時間が多くかかったケース（20秒程度）は9回あったが、これは土場の中央に木材を下ろすことができず、隣接した広葉樹林に木材がかからないようゆっくりと下ろしたためであった。このことから、土場の面積は広くしておくか、周辺に高い樹木がある場合には事前に伐採しておく必要がある。広島県立林業技術センター（1999）によれば、ヘリポートは高い障害物から20m以上離すほうが良いとしている。

「前進」は、ほぼ一定の速度での移動であったため、バラツキはあまりなかった。機械の前進中に木材の荷掛け用ワイヤを取り外していた。ワイヤを外す作業に手間取るケースは、ワイヤの結び目が木材の下敷きになっている場合であった。

「仕分け」については1分以上かかっていた。集材された丸太の本数が増えると処理時間が長くなる傾向があった。また、同一本数であっても処理時間のバラツキは大きく本数と処理時間の相関関係はほとんど認められなかった（ $R^2=0.2264$ ）。

「後退」については、土場での作業位置で待機場所への移動距離が異なることから、距離が時間に影響した。また、後退が完了する前にヘリコプターが戻ってくるケースも数回見られた。しかし、グラップルによる作業時間は、ヘリコプターの1往復（通常の集材時間：約3分）以内にほとんどが完了した。

#### 4) ヘリコプターの移動速度および集材丸太の内訳

津和野町邑輝では、作業現場から土場までのヘリコプターの運搬距離が1,500mである。そこで、ヘリコプターの通常のフライト時間および吊り上げ時間の平均値を用いて、移動速度を下記の式より推定した。

$$\text{移動速度 (km/h)} = \frac{\text{往復の運搬距離}}{\text{通常の集材時間} - \text{吊り上げ時間}}$$

その結果、ヘリコプターの平均飛行速度は70.8km/hであった。広島県の報告では、集材作業時の飛行速度は60~120km/hとされており（広島県立林業技術センター、1999）、今回の集材のヘリコプターの平均飛行速度はその範囲内であった。

広島県のアカマツ材のヘリコプター集材の事例では、使用したヘリコプターの機種や林分の状況は異なるが、津和野町邑輝の事業地と同一の搬出距離（1,500m）で

1回の集材サイクルの平均時間が4分28秒と報告している（時光・池田、2000）。また、鈴木・酒井（1989）は、吉野地域でのヘリコプター集材の平均サイクルタイムが3分34秒であると報告している。これらの報告と比較すると、この津和野町邑輝のヘリコプター集材の平均サイクルタイムは3分6秒であったことから、やや早い集材作業がなされていた。

長さを記録した丸太の合計は216本であったが、8mが68本、7mが50本、6mが64本と長尺の丸太を多く集材した。1回の集材本数は平均2.1本であった。集材丸太の長さの組み合わせは長尺のみと、長尺と短尺を合わせた集材がほとんどであり、短尺のみを集材した例はなかった。

#### 5) 人員配置

ヘリコプター集材では、伐採現場の荷掛け作業と土場での荷下ろしの作業の効率性が収支に大きく影響する。伐採現場、土場の各作業でも、ヘリコプターが往復するまでの時間で次の作業の準備がほぼ完了しており、ヘリコプターが上空で静止する時間は生じていなかった。荷掛け作業員は2名、木材にヘリコプターからのワイヤを結ぶためのワイヤを取り付ける作業員が3名の計5名が伐採現場での作業に従事した。ワイヤを取り付ける作業員がいることで、荷掛け作業員はヘリコプターの誘導および荷掛け作業に集中することができる。土場での作業は、ヘリコプターを誘導する作業員1名とグラップルを操作する作業員1名の合計2名であった。伐採現場および土場での作業がほぼ円滑に実施されていたことから、この人員配置での作業は、ヘリコプターの往復時間が3分程度の場合では効率性である。ヘリコプター集材において、搬出距離が1,500mであれば1工程を約3分で行うことができたため、極めて搬出距離が長距離にならない限り土場と伐採現場との距離が大きく収支に影響することはないと思われた。また、ワイヤを取り付ける作業員の作業には、時間的に余裕が見られたため2名で十分であると思われる。

伐採現場の作業員に求められる技術は、ヘリコプターの誘導および最大積載量に近い重量になるように吊り上げる丸太を組み合わせることである。ヘリコプターの誘導については、ヘリコプターの操縦士との意思疎通を十分に図る必要があることから、作業に習熟した作業員を

置く必要がある。そのため、ヘリコプター会社の作業員を配置することが望ましいと思われる。また、丸太に荷掛け用のワイヤをあらかじめ取り付けおけば、そのワイヤを取り付けるために人員が必要となるが荷掛け作業が効率的である。荷掛け用ワイヤを取り付ける作業は特に技術は必要なく、集材する丸太にあらかじめ目印等を付けておけば簡単に見分けることができる。そのため、地元の作業員で作業を行うことができる。

土場の作業員は、土場の作業状況のパイロットへの連絡と荷下ろしの作業がある。今回の集材では、集材された丸太が地面に接地すると自動的にヘリコプターのワイヤから切り放される仕組みの治具を取り付けていた。そのため、土場での丸太の仕分け作業等が完了している旨の連絡がなされると、パイロットの判断で土場へ集材した丸太が接地される。そのため、土場の作業員は、林業機械の扱いになれている者であれば十分に対応できると思われる。

### 3. 事業収支調査

集材材積と間伐材売却収益から平均販売単価を算出した（表11）。実績報告書に樹種別の集材材積、径級および長さが未明であったため、事業地の樹種がスギ・ヒノキとされている林分から集材した木材については、両樹種をまとめて算出した。スギは6,400円/m<sup>3</sup>、スギ・ヒノキは9,400円/m<sup>3</sup>、ヒノキは14,400円/m<sup>3</sup>であった。スギ・ヒノキの林分から集材した場合の販売単価は、3,000円～13,000円までと大きな差があった。通常、ヒノキ材はスギ材に比べて多少径級が小さい場合でも高価で取引される。集材した丸太のうち、ヒノキの占める割合が多い事業地では販売単価が上昇すると思われる。

ヘリコプターの機種はAS350（エキュレイユ）とSA315（ラム）が使用された。ヘリコプター会社によると、AS350は積載量が200～500kgで、SA315は700～800kgであるとしている。使用された機種ごとに1回のフラ

表11 樹種別の平均販売単価

樹種	事業地数	搬出材積合計 (m <sup>3</sup> )	平均販売単価 (円/m <sup>3</sup> )
スギ	2	225	6,407
スギ・ヒノキ	10	1818	9,423
ヒノキ	1	139	14,464

イトあたりの集材材積、集材重量および集材率を求めた（表12）。集材重量は、1回あたりの集材材積とスギおよびヒノキの生材時の密度（900kg/m<sup>3</sup>）を用いて算出した。集材率は、1回のフライトあたりの集材効率を表すために下記の式により算出した。

$$\text{集材率 (\%)} = \frac{\text{1回あたりの集材材積} \times \text{生材時の密度}}{\text{機種別の最大積載量}} \times 100$$

機種ごとの最大積載量をAS350は500kg、SA315は800kgとした。その結果、積載量の大きいSA315がAS350に比べて集材量（集材材積および集材重量）は多くなった。しかし、最大積載量から計算した集材率はAS350のほうが高く、SA315を使用した事業地ではAS350よりも高い積載能力を十分に発揮できず効率的な集材が実施できていなかったといえた。時光・池田（2000）においても、ヘリコプター集材によって収益を上げるためには、集材する集材重量をヘリコプターの最大積載量に近づけることが重要としている。この点については今後改善を要すると考える。

ヘリコプターの機種別に、ヘリコプター集材費とフライト回数から算出した1回のフライトあたりの単価を図6に示す。AS350の平均単価は4,600円。SA315の平均単価は6,600円であった。SA315の使用はAS350に比べて1回のフライトあたり2,000円程度割高である。表12および図6から判断すると、SA315は集材率を上げなければAS350に比べて割高になる。

集材材積あたりの「ヘリコプター集材費」と「それ以外の事業費」の総事業費に占めるそれぞれの割合は、「ヘリコプター集材費」と「それ以外の事業費（選木・伐採・採材・土場から市場までの運搬費等）」の平均値はほぼ同額であった（表13）。

表12 機種別の1回のフライトあたりの集材状況

項目	集材材積(m <sup>3</sup> )		集材重量(kg)		集材率(%)	
	AS350	SA315	AS350	SA315	AS350	SA315
使用回数	6	7	6	7	6	7
平均値	0.42	0.53	377.3	477.1	75.5	59.6
最大値	0.56	0.65	500.0	582.9	100.0	72.9
最小値	0.27	0.42	238.7	377.9	47.7	47.2
標準偏差	0.11	0.09	96.1	79.1	19.2	9.9

※集材重量(kg)は900kg/m<sup>3</sup>として計算した  
 ※集材率(%)を算出するための積載量は、AS350を500kg、SA315を800kgとした

島根県の一般製材用の素材生産経費と販売等経費の合計は、21,692円/㎡である（島根県農林水産部林業管理課、2002）。この金額は、ヘリコプター集材作業にあたる伐採現場から土場までの搬出経費と伐採現場から市場までの素材生産のための経費の合計である。この経費から判断すると、ヘリコプター集材事業地における選木・伐採等の作業単価は、島根県の標準的な素材生産単価に比べて高価であるとはいえない。また、総事業費に占めるヘリコプター集材費の割合は平均51%であるため、ヘリコプター集材による収益の向上を図るためには、総事業費の約半分を占めるヘリコプター集材費を抑える必要がある。

ヘリコプター集材費に影響を与えている要因について検討した。ヘリコプター集材費を従属変数とするステップワイズ重回帰分析を行った。独立変数は、事業地面積・集材材積・傾斜・樹種・林齢・胸高直径・伐採率・間伐実施回数・土場から市場までの出荷距離・ヘリコプターの機種・フライト数・ヘリコプターによる集材距離とした。その結果、集材材積のみが採用された（調整済み $R^2=0.950$ ,  $p<0.001$ ）。フライト数等の要因ではなく集材材積の増加に伴って、ヘリコプター集材費が増加することが明らかとなった。このことから、集材材積に注目してさらに検討した。

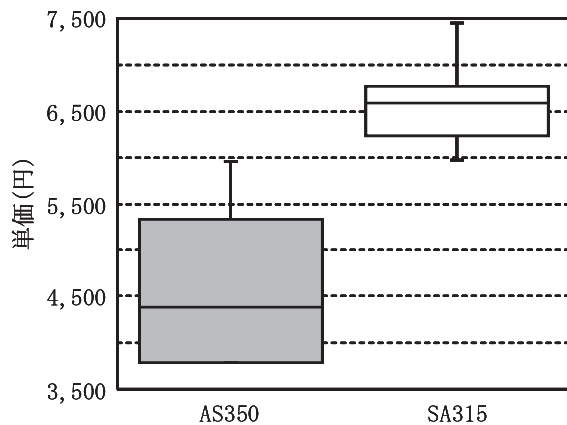


図6 機種別の一回のフライトあたりの単価

今回の事業地のうち、樹種がスギは2林分、ヒノキは1林分、スギ・ヒノキは10林分であった。そこで、最も多い樹種構成のスギ・ヒノキ林分について、明らかに他の事業地と傾向の異なる1事業地を除いて集材材積と木材の販売収益の関係を調べたところ、強い相関関係が認められた（図7、 $R^2=0.8332$ ）。全事業地で集材された丸太の販売収入に事業地ごとに交付された間伐補助金を合わせた収入の割合は総事業費の5割～9割程度であったが、平均すると7割程度であり、いずれの事業地でも収支はマイナスであった（表14）。事業収支をプラスにするためには、さらに集材材積を増加し販売収入を増やす必要があるといえる。

集材材積と総事業費の関係から、ヘリコプター事業で収支をプラスに転換する条件について検討した。ヘリコプターの機種ごとに集材量やフライト単価が異なるため機種別とした。今回のヘリコプター集材事業では、表12に示すようにヘリコプターの集材率が低い事業地もあったため、集材率90%で集材した場合の集材材積を計算した。その集材材積を販売単価12,000円/㎡または14,000円/㎡で販売した場合の金額を販売収入とした。計算した販売収入と各事業地に交付された間伐補助金を合わせて収益として図に示した。

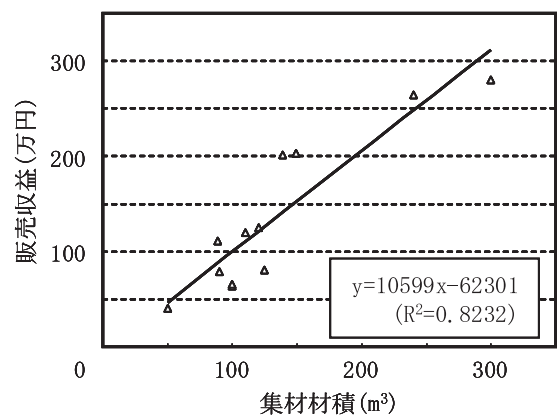


図7 集材材積と販売収益の関係

表13 事業費の内訳の比率 (%)

項目	ヘリコプター集材費	間伐採材費等	運搬費その他
平均値	51.1	38.6	10.3
最大値	59.5	53.1	16.7
最小値	37.1	25.7	0.0
標準偏差	6.9	8.5	4.4

表14 総事業費に対する収入の割合 (%)

	販売収入	間伐補助金	収入合計
平均値	39.8	31.3	71.0
最大値	68.5	62.3	91.1
最小値	17.4	14.9	49.9
標準偏差	14.7	13.1	14.1



AS350を使用した結果では、事業地ごとの集材材積および総事業費の関係には高い相関関係を認めた（図8、 $R^2=0.8311$ ）。販売単価12,000円/m<sup>3</sup>では、1事業地から458.1m<sup>3</sup>以上を集材しなければ収支をプラスにできなかった。一方、販売単価14,000円/m<sup>3</sup>では1事業地から259.2m<sup>3</sup>以上集材すれば収支がプラスとなった。

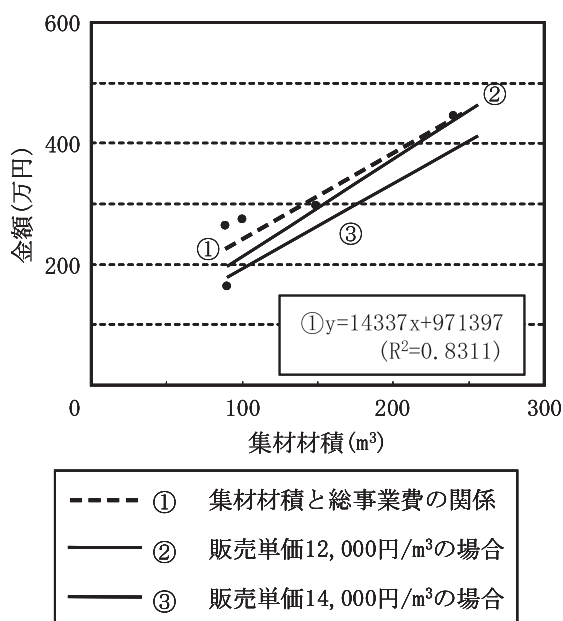


図8 AS350による集材を実施した場合の集材材積と収益の関係（集材率90%）

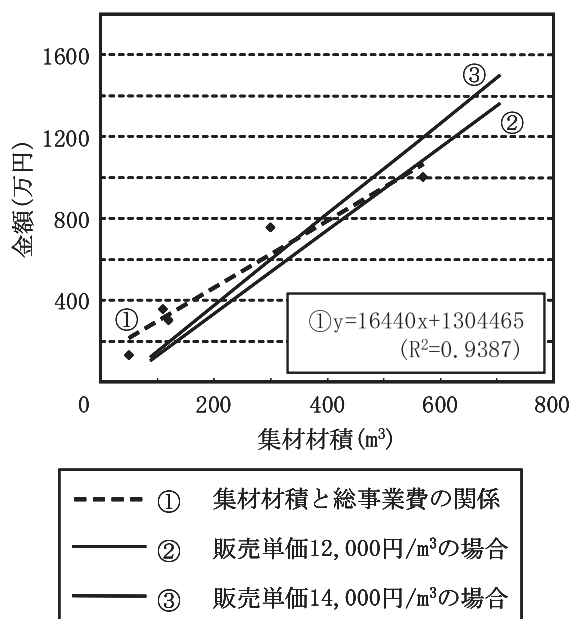


図9 SA315による集材を実施した場合の集材材積と収益の関係（集材率90%）

SA315を使用した結果では、事業地ごとの集材材積および総事業費の関係には非常に高い相関関係を認めた（図9、 $R^2=0.9387$ ）。販売単価12,000円/m<sup>3</sup>では1事業地から522.3m<sup>3</sup>以上、販売単価14,000円/m<sup>3</sup>では1事業地から344.6m<sup>3</sup>以上集材すれば収支がプラスとなった。特に、AS350に比べてSA315は今回の事業において集材率が低かったために、この機種を使用してヘリコプター集材を行っていくためには、集材率の向上が欠かすことができない。

今回のヘリコプター集材事業では、各事業地の面積はバラバラであり、面積によって集材材積が大きく異なっていた。そこで、スギについて、どの程度の面積があれば十分な集材材積が確保できるかを把握するために、表15の試算条件において検討を行った。集材材積の計算は下記の式により行った。

ha当たりの集材材積 (m<sup>3</sup>) =

$$\frac{\text{蓄積量 (haあたり)}}{\text{間伐率 (\%)}} \times \frac{\text{集材丸太の長さ (m)}}{\text{樹高 (m)}}$$

$$\text{事業地面積 (ha)} = \frac{\text{目標集材材積 (m}^3\text{)}}{\text{ha当たりの集材材積 (m}^3\text{)}}$$

その結果、AS350を使用して収支がプラスとなった458.1m<sup>3</sup>（販売単価12,000円/m<sup>3</sup>）と259.2m<sup>3</sup>（販売単価14,000円/m<sup>3</sup>）の丸太を集材するために必要な面積は、それぞれ9.39haと5.31haであった。また、SA315を使用した場合では、522.3m<sup>3</sup>（販売単価12,000円/m<sup>3</sup>）と344.6m<sup>3</sup>（販売単価14,000円/m<sup>3</sup>）の丸太を集材するために、それぞれ10.71haと7.06haが必要であった。

また、1林分だけでは面積を確保できない場合には、複数の林分を含めて面積を確保する方法が考えられる。その場合には、ヘリコプターが丸太を集材する土場を共有することが原則となり、その土場が集材する林分の中

表15 試算条件

森林	
樹種	スギ
齢級	7
樹高(m)	20.5
蓄積量(haあたり)	500
間伐率(%)	25
ヘリコプタ集材	
機種	SA315
集材率(%)	90
集材丸太の長さ(m)	8

央に配置することが望ましい。ただし、1日に複数の林分から集材することは、伐採現場の作業員の分散配置に繋がり人件費が余分にかかるため、複数の林分からする場合でも1日の集材林分は1林分にすることが重要である。

島根県の報告では、一般製材用の素材価格は10,375円/m<sup>3</sup>であり、市場での原木購入価格は12,834円/m<sup>3</sup>となっている（島根県農林水産部林業管理課，2002）。このことから原木購入価格の約80%が素材価格にあたるということが出来る。そこで、島根県内の原木市場での販売価格を原木購入価格とみなして、その購入価格を元にして算出した素材価格を表16に示す。スギでは、素材価格の平均が10,000円/m<sup>3</sup>を超える丸太は径級14～22cm・材長4mであり、12,000円/m<sup>3</sup>を超える丸太は径級24～30cm・材長4mであった。ヒノキでは、材長・径級にかかわらず18,000円/m<sup>3</sup>を超えていた。

今回の各事業地には間伐補助金が交付されており、各事業地においてヘリコプター集材事業での収入のほぼ半分を間伐補助金が占めている。本報においては、木材の売却収益と間伐補助金を含めて収入として収支を検討している。もし、木材の売却収益のみでヘリコプター集材事業の収支をプラスにしようと思うと、木材の素材価格が現在の倍以上になる必要がある。そのため、ヘリコプター集材によって集材された木材の売却収益だけで事業収支をプラスにするためには、現在の素材価格では困難であるといえる。しかし、間伐補助金が交付されれば、現在の素材価格でも収益を上げることが可能な場合もある。表16によれば、スギはいずれの径級、材長でも高値で取引される時期でなければ収支をプラスにすることが難しいが、ヒノキであれば一定量以上の丸太を集材できれば収支をプラスにすることが可能である。そのためには、集材率を向上させて効率的な集材を行う必要がある。

表16 島根県内の予想素材価格（円/m<sup>3</sup>）

樹種	スギ			ヒノキ	
	材長(m)	3	4	3	4
径級(cm)	14-18	14-22	24-30	14-18	14-22
平均値	9,701	10,797	12,206	18,458	18,819
最大値	11,716	12,605	15,756	21,735	21,008
最小値	8,080	8,484	8,888	14,948	16,160
標準偏差	841	901	2,222	1,566	1,043

※原木価格の集計期間は平成14年1月～平成16年11月

#### IV おわりに

これまでの調査結果等から、今後ヘリコプター集材を事業化していくために必要と思われる事柄についてまとめる。

- ①ヘリコプター集材は、集材コストが高いため安価な材は集材しない。一般に大径材のほうが高価で取引されるため、伐採を行う林分の中で大径材を選んで選木することが有利である。
- ②ヘリコプターによる丸太の運搬距離は、土場での作業工程から判断すると1,500m程度が妥当である。
- ③ヘリコプターの最大積載量に近い重量を荷掛けできるように事前に集材する丸太の直径や材長の組み合わせ等を協議・確認する必要がある。
- ④1つの土場を使用し複数の林分から丸太を集材する場合は、1日に1林分から集材できるように面積を確保し、間伐現地の作業員の分散を避ける。
- ⑤現在の素材価格では、丸太の売却収益だけでは収支をプラスにすることが難しい。そのため、間伐補助金またはヘリコプター集材に対する補助金等の財政的な支援が必要である。

#### V 謝 辞

事業実施主体である島根県森林組合連合会には、本報を取りまとめる際に様々な情報を提供していただきました。邑智郡森林組合、石央森林組合および高津川森林組合におきましては、現地調査への協力をいただきました。この場にて感謝申し上げます。また、ヘリコプター集材事業の打合せおよび現地調査にご協力いただいた旧川本農林振興センター（現県央事務所）、旧浜田農林振興センター（現西部農林振興センター）および旧益田農林振興センター（現益田事務所）の林業課のみなさまをはじめとする関係各位には、心からお礼申し上げます。

#### VI 引用文献

- 島根県農林水産部造林課：スギ人工林収穫予想表等 1-19
- 島根県農林水産部造林課：ヒノキ人工林収穫予想表等 1-12
- 広島県立林業技術センター（1999）ヘリコプター利用による木材搬出マニュアル。1-11

時光博史，池田博行（2000）ヘリコプターによるアカマツ材の搬出．広島県立林業技術センター研究報告 32：1-15

鈴木保志，酒井徹朗（1989）吉野地域のヘリコプター集材について．京都大学農学部演習林報告61：217-227

鈴木保志，酒井徹朗（1990）ヘリコプター集材の広域的利用システム．第101回日本林学会大会発表論文集：

709-712

岐阜県林業短期大学校（1997）ヘリコプター集材調査報告書：1-28

島根県農林水産部林業管理課（2002）間伐材利用実態把握調査事業報告書 —平成13年度林業技術現地適応化—：1-16

Evaluation of Helicopter Transportation System for Thinned Softwood Logs  
in Shimane Prefecture

Toshiyuki Ochi

ABSTRACT

The helicopter transportation system for thinned softwood logs of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc.) executed in Shimane prefecture. I investigated the system, and I examined the practical use of the helicopter transportation system. Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) chose random but Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc.) tend to choose the bigger diameter. The average of helicopter transportation time was about 3 minutes. It took about 1 minute to induce of the helicopter by the worker on the deforestation site and it took about 30 seconds to lift up logs. Work by grapple in accumulation site ended roughly within 3 minutes though it took 1 minute or more to sort logs. The proportion of the helicopter transportation cost in the total cost accounted for about 50%. This system was used two kinds of the helicopter of AS350 and SA315, the rate of the transportation was low on the case SA315 used. It is necessary to improve the rate of transportation to make the system revenue and expenditure a surplus. It is difficult to make the transportation of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) a profit. But it is possibility to make the transportation of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc.) more than a constant amount.