

大径材におけるハーベスタの適応限界

○麻生臣太郎¹・村井凜太郎²・立川史郎¹・佐々木一也¹
菊地智久¹・菅原大輔¹・高橋健保¹・澤口勇雄¹
¹岩手大学農学部・²岩手県庁

1. はじめに

(1) 背景

近年高性能林業機械の普及が目覚ましい。我が国における保有台数は、平成 24 年までの 10 年間で約 2.3 倍、このうちハーベスタは 394 台から 1,075 台と約 2.7 倍に増加している。平成 24 年には利用可能な 50 年生以上の高齢級人工林の面積は、全体の 51% と半数を占めていることから明らかに、戦後造成された人工林の多くは、造林・保育による資源造成期から利用期に達している。

(2) 目的

人工林の高齢級化・成熟化に伴い、立木の胸高直径も増大する。そのため素材生産事業は大径材化に対応していく必要がある。本研究では素材生産現場において広く普及しているハーベスタの適応限界を探り、その作業性能を調べることにより、高齢級化・大径材化する人工林への適応について検討した。

2. 研究方法

(1) 調査方法

伐採対象地における林分概況を把握するために、立木の胸高直径 (D_{BH}) と樹高を測定した。ハーベスタによる伐倒・造材作業の全工程をビデオカメラで撮影し、動画解析により大径木への適応可能性について検討した。

(2) 対象機械

国内で導入されているハーベスタの多くは、車両系建設機械のバックホウをベースマシンとしている。ベースマシンのバケット容量に応じてハーベスタは小型 (0.25 m^3)、中型 (0.45 m^3)、大型 (0.8 m^3) に大別される。本研究では国内で多く導入されている、小型と中型のハーベスタを調査対象とした (写真-1、写真-2)。機械の諸元を表-1、表-2 に示す。



写真-1 小型ハーベスタ



写真-2 中型ハーベスタ

表-1 小型ハーベスタ諸元

ベースマシン キヤタピラー三菱 307B		
運転質量	(kg)	6,500
バケット容量	(m ³)	0.25
エンジン出力	(PS)	55
ハーベスタヘッド KETO51		
バー長さ	(mm)	457
最大伐倒径	(mm)	370
最大枝払径	(mm)	320
重量	(kg)	350

表-2 中型ハーベスタ諸元

ベースマシン 日立建機 ZX135USL-3		
運転質量	(kg)	15,000
バケット容量	(m ³)	0.5
エンジン出力	(PS)	94
ハーベスタヘッド PONSSE H60e		
バー長さ	(mm)	750
最大伐倒径	(mm)	640
ナイフ最大開き幅	(mm)	600
重量	(kg)	950

(3) 調査地

調査地は岩手大学御明神演習林内のスギ人工林（69年生、88年生）である。調査林分の林況の概要を表-3、表-4に、胸高直径割合を図-3、図-4に示す。なお、小型ハーベスタは69年生林分、中型ハーベスタは88年生林分でそれぞれ適用した。

表-3 林分の概要（69年生）

平均胸高直径 (cm)	25.8
平均樹高 (m)	20.5
平均立木材積 (m ³)	0.6

表-4 林分の概要（88年生）

平均胸高直径 (cm)	34.8
平均樹高 (m)	21.5
平均立木材積 (m ³)	1.1

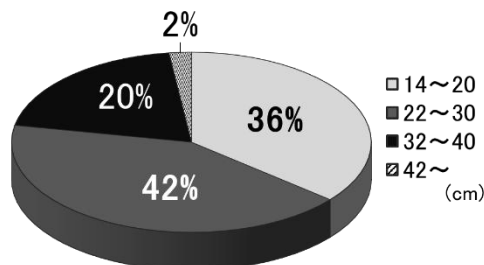


図-3 胸高直径割合（69年生）

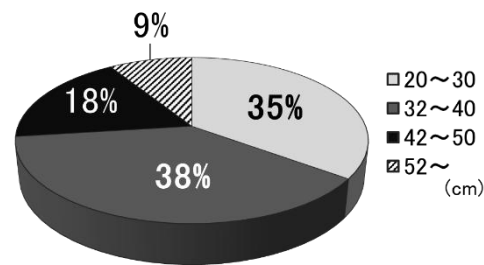


図-4 胸高直径割合（88年生）

(4) 作業方法

伐木・造材作業はハーベスタで行った。ハーベスタによる伐倒が困難な場合はチェーンソーにより行い、同じく造材が困難な場合は元玉部分をチェーンソーで造材し、元玉から先の部分をハーベスタにより造材した。

3. 結果

(1) 適応限界

① 小型ハーベスタ

ハーベスタ単独による伐倒は D_{BH} : 33cm、幹材積: 0.99 m³/本まで、造材は D_{BH} : 35cm、幹材積: 1.15 m³/本まで可能であった。ただし、 D_{BH} : 27cm~33cm の範囲において樹形によっては、枝の量が多いために送材ができないこともあり、また、根張り等によりやは

り送材が難しく、元玉部分の造材ができない場合があった。その際は造材にチェーンソーを併用した。

②中型ハーベスタ

ハーベスタ単独で伐倒可能な立木は $DBH: 46cm$ 、幹材積: $2.24 m^3$ /本までだった。伐倒できた立木は全て造材可能であった。 $DBH: 48cm$ 以上の材は伐倒、造材ともにチェーンソーを併用した。 $DBH: 52cm$ 、幹材積: $2.73 m^3$ の立木を伐倒する際、ハーベスタのソーチェーンが停止した状態で倒れ始め、元口部分が裂け上がることがあった。このことから、 $DBH: 50cm$ 前後に伐倒の限界があると考えられる。

(2) 作業能率

①小型ハーベスタ

ハーベスタ単独による作業能率は $6.37 m^3$ /時、チェーンソー併用による作業能率は $5.88 m^3$ /時となった(表-5)。作業別に1本当たりの平均作業時間をみると、ハーベスタ単独では216秒/本なのに対し、チェーンソー併用では502秒/本と作業時間が約2.3倍に増加している。要素作業別に内訳をみるとチェーンソー併用作業の作業時間のうち全体の41%をチェーンソーによる作業が占めており、チェーンソー作業時間の追加により、全体の作業時間が大きく増大した(図-5)。チェーンソー併用作業における幹材積は2.2倍になったにもかかわらず、作業時間の増大により作業能率は8%低下した(表-5)。

表-5 作業別の作業能率

	ハーベスタ 単独	チェーンソー 併用
伐倒本数 (本)	14	27
平均胸高直径 (cm)	21.9	28.6
平均樹高 (m)	17.8	22.3
平均材積 (m^3)	0.38	0.82
作業能率 (m^3 /時)	6.37	5.88

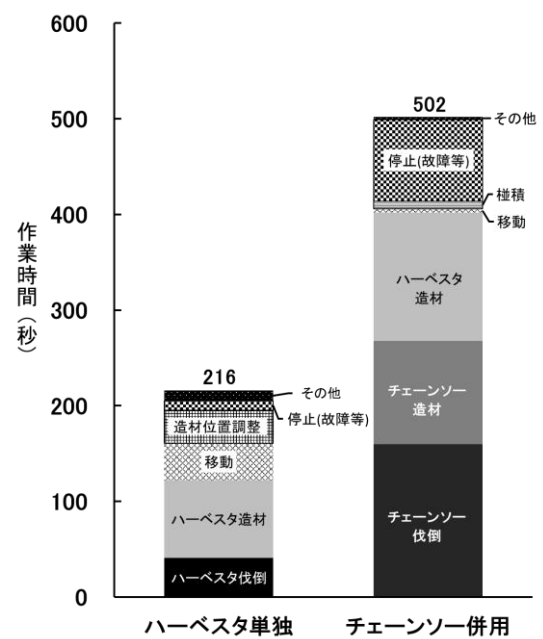


図-5 1本当たりの平均作業時間

②中型ハーベスタ

ハーベスタ単独による作業能率は $12.60 m^3$ /時、チェーンソー併用による作業能率は $7.70 m^3$ /時だった(表-6)。1本当たりの平均作業時間はハーベスタ単独が247秒/本に対しチェーンソー併用では1,376秒/本と5.6倍だった。チェーンソー併用作業の要素作業のうち、チェーンソー作業時間が629秒と全体の46%を占めている(図-6)。チェーンソー併用作業による伐木材積は、ハーベスタ単独作業の $0.87 m^3$ /本から $2.95 m^3$ /本と3.4倍に増加しているが、チェーンソー併用作業の作業時間が5.6倍と大幅に増大したことにより、作業能率は39%低下した(表-6)。作業全体の作業能率は $10.60 m^3$ /時となった。

表-6 作業別の作業能率

	ハーベスタ 単独	チェーンソー 併用
伐倒本数 (本)	55	7
平均胸高直径 (cm)	32.4	54.0
平均樹高 (m)	20.3	30.4
平均材積 (m ³)	0.87	2.95
作業能率 (m ³ /時)	12.60	7.70

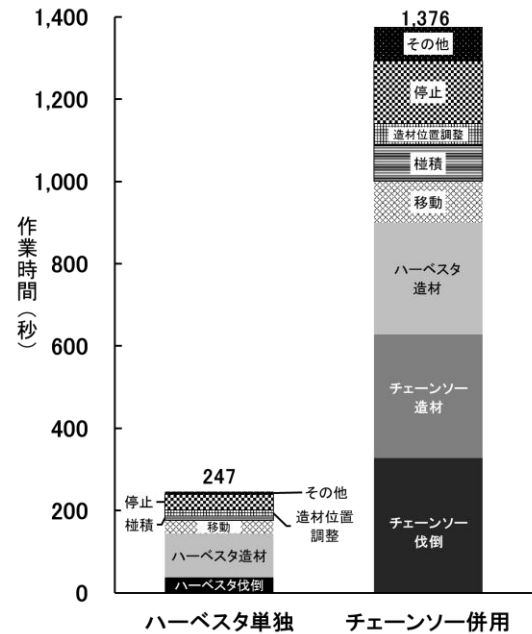


図-6 1本当たりの平均作業時間

4. 長伐期施業への適応

伐期が長期化した林分における高効率な素材生産には大型ハーベスタの導入が考えられる。大型ハーベスタは大径材に適応し高い処理能力を有しているが、林内作業にはより広い幅員の路網整備が必要なことや、ランニングコストの増加、事業量の確保などデメリットも挙げられる。

そこで120年を伐期に設定した長伐期施業のモデル林に、中型ハーベスタが適応できるかシミュレーションした。シミュレーションモデル林として、岩手県スギ人工林、地位3級の120年生林分を想定した(表-7)。DBH: 33.7cmを標準木として、今回調査した88年生林と同様になるように胸高直径を分布させた。モデル林では、DBH: 32~40cmが全体の49%を占め、DBH: 48cm未満である81%の立木がハーベスタ単独での伐倒・造材が可能とされた(図-7)。

表-7 120年モデル林概要

岩手県 スギ人工林		
地位級		3
林齢	(年)	120
本数	(本/ha)	678
平均胸高直径	(cm)	33.7
平均上層樹高	(m)	29.3
平均立木材積	(m ³)	1.28

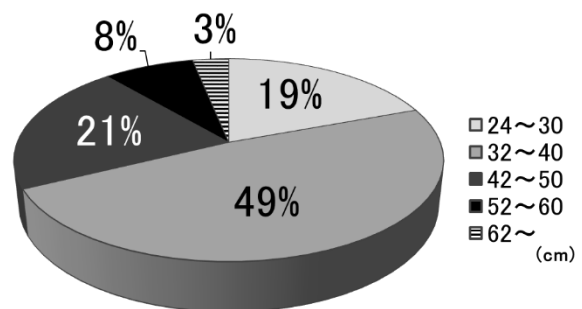


図-7 胸高直径別の割合

調査結果と同様に、DBH: 48cm未満の立木をハーベスタ単独による伐倒・造材、DBH: 48cm以上の立木をチェーンソー併用により処理したと仮定してシミュレーションを行った。

ハーベスタ単独作業では D_{BH} の増大に伴い幹材積も増加するため作業能率は上昇していき $D_{BH}: 46\text{cm}$ では $22.5 \text{ m}^3/\text{時}$ となる。 $D_{BH}: 48\text{cm}$ からはチェーンソーの併用により作業時間の増大により $6.8 \text{ m}^3/\text{時}$ に低下するが、幹材積の増大により $D_{BH}: 64\text{cm}$ では $9.5 \text{ m}^3/\text{時}$ まで作業能率が向上する (図-8)。

幹材積はハーベスタ単独作業が $1.38 \text{ m}^3/\text{本}$ 、チェーンソー併用作業はその 1.9 倍の $2.53 \text{ m}^3/\text{本}$ になる。作業能率はハーベスタ単独作業が $17.3 \text{ m}^3/\text{時}$ だったのに対して、チェーンソー併用作業では $7.9 \text{ m}^3/\text{時}$ と 54% 低下した。しかしながら、120 年生モデル林におけるチェーンソー併用作業による幹材積割合が 19% であることから、全体の作業能率は $12.7 \text{ m}^3/\text{時}$ となり (表-8)、88 年生林分を上回る作業能率になった。

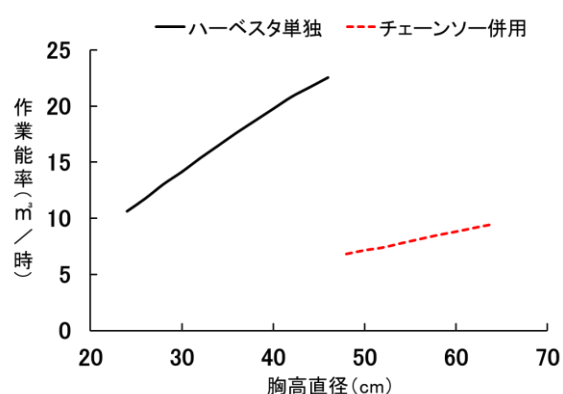


図-8 胸高直径と作業能率の関係

表-8 作業別の作業能率

		ハーベスタ 単独	チェーンソー 併用
本数割合	(%)	81	19
平均胸高直径	(cm)	35	56
平均材積	(m^3)	1.38	2.53
作業能率	($\text{m}^3/\text{時}$)	17.3	7.9
作業能率	($\text{m}^3/\text{時}$)	12.7	

5. 考察

ハーベスタ作業におけるチェーンソー併用作業による伐木・造材作業能率の低下は $D_{BH}: 30\text{cm}$ 程度までの林分における小型ハーベスタで比較的小さく、 $D_{BH}: 40\text{cm}$ を越える林分における中型ハーベスタでは比較的大きくなるとされた。

小型ハーベスタの適応限界は 69 年生林分の事例では $D_{BH}: 30\text{cm}$ 、 $1 \text{ m}^3/\text{本}$ 前後にあると考えられた。また、適応条件は造材の可否により左右され、造材の可否は D_{BH} だけではなく、枝の量や根張りといった立木の形状にも適応限界が存在することが分かった。

中型ハーベスタの適応限界は 88 年生林分の事例では $D_{BH}: 48\text{cm}$ 、 $2.5 \text{ m}^3/\text{本}$ 前後にあると考えられた。伐倒可能な立木は全て造材可能であったことから、適応条件は伐倒可能な立木サイズで決まった。

120 年生のモデル林分における中型ハーベスタの作業能率は、チェーンソー併用で $12.7 \text{ m}^3/\text{時}$ となり、適応可能性は十分高いと考えられた。

参考資料

平成 26 年度森林・林業白書、林業技術ハンドブック. 1246-1258.

村井凜太郎 (2011) 中型ハーベスタの作業性能と適応可能条件. 岩手大学農学部共生環境課程卒業論文, 45pp.

岩手県農林水産部編 (1983) 収穫予想表等作成に関する基礎調査書. 89pp.