

森林大国日本における森林再生のための 高性能林業機械の最新動向

豊川 勝生

林業経営は、森林蓄積が日本の需要の大半に見合うだけの成長量を有しているにもかかわらず、木材価格の低迷、林業就業者の減少と高齢化、労働災害の多発などの要因で十分な素材生産ができない状況にあり、安全で高能率な作業が行える高性能林業機械作業に大きな期待をかけている。高性能林業機械には、伐倒・集積を行うフェラーバンチャ、伐倒・造材・集積を行うハーベスタ、造材・集積を行うプロセッサ、集材を行うスキッド、フォワーダ、タワーヤード、スイングヤードがあり、その台数は従来からある林業機械が減少傾向にある中で、増加傾向にある。この高性能林業機械が進化した形の複数の作業機を持ったハイブリッド機械や、環境機械として森林バイオマス収穫機械など多種の機械が開発され、使用されている。
キーワード：生産性、労働安全性、高性能林業機械、ハイブリッド機械、森林バイオマス収穫機械

1. はじめに

森林に生育する樹は、二酸化炭素を吸収し、炭素を貯蔵するため、地球環境の保全に、また、森林の洪水、土砂崩れを防ぐために必要なものとして、さらに森林から生産される木材は、再生産可能なバイオマスエネルギー資源として、その活用が期待されている。日本の森林は広葉樹が主体となる天然林と人間が植林し、主として建築用材として使用されるスギ、ヒノキを主体とした人工林、合わせて443,200万 m^3 の蓄積があり、その中で人工林の蓄積量は約60%を占めている（平成19年3月現在）。人工林は、面積比率で30～50年生のものが、約57%と大半を占めている。森林は、毎年成長を続けており、現在、森林の成長量は毎年8千万 m^3 増加していると推定されていて、日本の木材需要量の大半は、元の森林蓄積を維持して、この成長量分を伐り搬出することにより賄うことができると考えられる。しかし、日本の木材自給率は約28%（平成21年度）と、その大半は外国からの輸入に頼っている現状にある。

この理由としてあげられるのは、木材価格の低迷（昭和55年頃の木材価格ピーク時の約1/10）からくる素材生産意欲の低下、林業就業者の減少と高齢化（図1）、労働災害の多発（表1）などである。また、建築用材として使用するためには、長さや太さが建築材として適切なものでなければならず、このために、20～40年生の人工林を間伐という植栽時3000本/ha程度

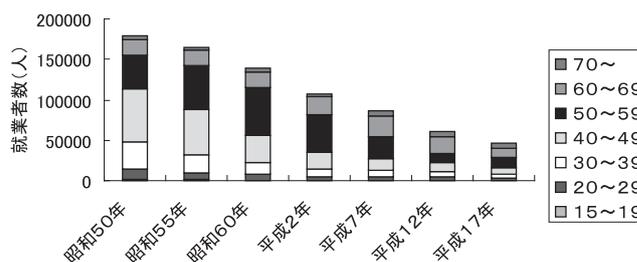


図1 年齢階別林業就業者数

表1 林業労働災害

	林業	鉱業	建設業	製造業	全産業
平成7年	31.5	17.2	7.7	4.0	3.5
平成12年	28.7	17.6	6.3	3.6	2.8
平成17年	26.8	18.8	5.8	3.3	2.4
平成22年	28.6	13.9	4.9	2.6	2.1

死傷者千人率（1000人当たり1年間に発生する労働災害による死傷者数（休業4日以上））

あった立木を伐って減少させる作業が必要であるが、前述の理由でこの作業を行っていない人工林が多くある現状にある。これら人工林は、良い材が生産できないだけでなく、活性が失われ人工林が持つ水土保全機能なども低下するという現象が生ずる。現在、これら要因を克服する手段として、伐出作業のさらなる機械化が必要となっている。

2. 林業機械の現状

最近の林業では、高性能林業機械という大型機械が、

伐出作業（伐倒，造材，集運材）の効率化，コストの低減，労働災害の低減に期待できるものとして使用されている。

高性能林業機械の導入は，①大型機械のため生産性に優れていること（生産性の向上），②チェーンソーで代表される手持ち機械作業を乗用タイプの機械としたことで，立木の伐倒，造材（枝を払い，使いやすいために長さに切り揃える），集材（切り倒した木を一箇所に集める）を個々の機械で行っていたのを，一台で済ませることができること（多機能性による生産性の向上），③オペレータはキャビン内で作業を行うため，災害発生要因となった伐倒木に激突される災害，伐倒木の接触により折れた枝の飛来・落下による災害，伐倒済みの木の滑落による災害，チェーンソーの刃による接触災害などが防げること（労働災害の減少），④林地という急峻，複雑な地形を手持ち機械を持ち，上り下りする労働負担の高い作業が乗用機械の運転という負担の少ない作業となる（労働負担の軽減）ことなどが期待できるからである。

表一2は，高性能林業機械の普及台数を示したもので，平成21年度で4,194台となり，林業で使用されている他の林業機械は減少しているが，高性能林業機械はさらに使用台数が増える傾向にある。

表一2 高性能林業機械の普及台数の推移（私有材）

高性能林業機械	H12	H16	H20	H22
フェラーバンチャ	42	27	60	85
スキッド	164	157	138	141
プロセッサ	854	949	1,144	1,312
ハーベスタ	375	433	633	836
フォワーダ	509	652	990	1,213
タワーヤーダ	190	182	166	148
スイングヤーダ	134	284	574	708
その他（複合機械）	13	42	97	228
合計	2,285	2,726	3,802	4,671

（単位：台）

3. 高性能林業機械

前述のように林業では，種々の機械が使用されているが，本誌では使用台数が増加傾向にある高性能林業機械について紹介する。

高性能林業機械の台数内訳は，プロセッサが約3割を占め，次いで，フォワーダ，ハーベスタ，スイングヤーダの順に多い。増加している主な機種は，プロセッサ，ハーベスタ，フォワーダ，スイングヤーダであるが，特に，スイングヤーダの増加が著しい。使用台数

が多い地域は，北海道である。

(1) 高性能林業機械の主な構造

高性能林業機械は，走行部（ベースマシンと呼ぶ）作業機の動力の配給を含む）と作業機で分類される。ベースマシンは，専用の乗用タイプの機械と建設機械（油圧ショベル）に分類される。ベースマシンには，クローラ型とホイール型がある。ベースマシンが装備するブームには，建設機械の油圧ショベルのバケットをはずしたナックルブームや，専用ベースマシンにみられるインナーロッドを油圧シリンダやチェーン機構により伸縮させるテレスコピックブームがある。高性能林業機械は，ベースマシンに作業機を装着した形で，伐倒機械にフェラーバンチャ，伐倒・造材機械にハーベスタ，造材機械にプロセッサ，集材機械に車両タイプとしてスキッド，フォワーダ，架線タイプとしてタワーヤーダ，スイングヤーダがある。

(2) 高性能林業機械の種類

①伐倒用機械

(ア) フェラーバンチャ（Feller Buncher；Fell：伐倒する，Bunch：束ねる）

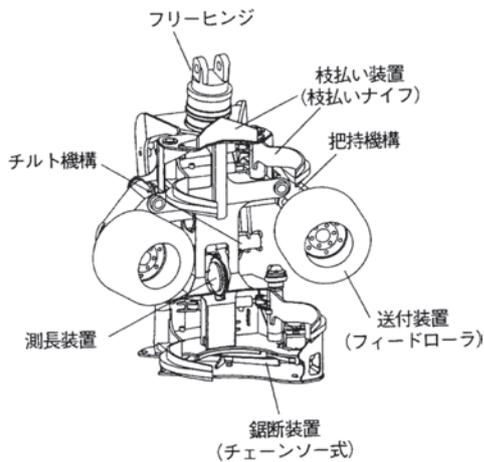
フェラーバンチャは，立木の伐倒と伐倒木の集積の2工程を行う車両系機械である。集積作業は，集材用車両機械であるスキッドやトラクタが作業しやすいように伐倒木の元口をそろえて1カ所に集める作業である。

フェラーバンチャの作業は，伐倒木まで移動，アームを立木に沿わせ，作業機の把持装置で立木をつかみ，作業機下部に装備する鋸断装置で立木の根元を鋸断し，材を何本かまとめて集積する。

作業機の鋸断装置は，①油圧チェーンソー式が一般的であるが，そのほか，②ディスクソー（丸鋸）式，シャー（鋏）式などがある。把持装置は，通常2本または4本のツメ型で，鋸断した材を倒さずに数本抱えたまま伐倒作業を行い，何本かまとめて集積することができる機械もある。

(イ) ハーベスタ（Harvester；Harvest：収穫する）

ハーベスタは，林内を移動して立木を伐倒し，材の枝払い・玉切り，集積までの一連の工程を1台で行う車両系機械である。作業は，チルト機構で作業機を立て，立木を掴み（把持装置），作業機に装備された油圧チェーンソー（鋸断装置）で伐倒，伐倒された木を横にして，吊りあげた状態でフィードローラ（送材装置）で伐倒材を元口より梢方向に送り，装備されたナイフで枝葉をそぎ落とし枝払いを行い（枝払い装置），



図一 2 ハーベスタ作業機の構造 (機械化林業入門 (林業機械化協会) より)

その後元口まで材を移動する。ついで、材寸法をはかりながら (測長装置)、目標の材長で作業機を止め、油圧チェーンソーで玉切り (鋸断装置) を行う (図一 2)。玉切った材は、フォワーダ等で搬出しやすいように、作業道沿いに揃え、集積する。ハーベスタ作業は、伐木造材作業が 1 人で行われるため、大幅に効率化される。ハーベスタをプロセッサとして使用することもある。

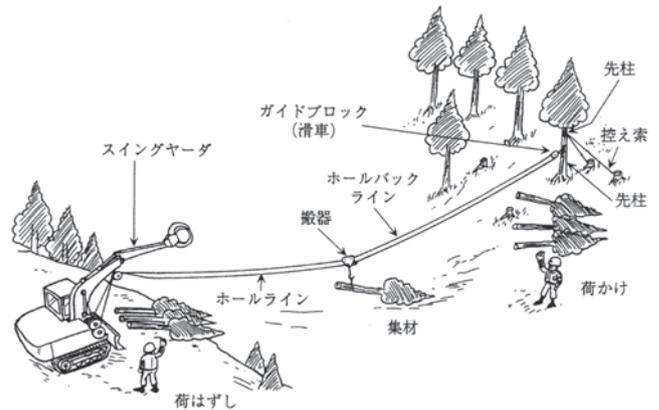
ハーベスタには、シングルグリップ式 (伐倒から造材までを行う装置を備えたタイプの作業機) が、よく使用されている (写真一 1)。



写真一 1 ハーベスタの伐倒作業

②集材用機械

車両系機械と架線系機械がある。車両系機械には、フォワーダ、スキッドが、架線系機械には、タワーヤダ、スイングヤダがある。車両系機械は、林地傾斜が約 20 度程度まで、架線系機械はそれ以上の傾斜で主に使われる。架線系機械とは、機械と山側の立木の上にワイヤロープ (主索と呼ぶ) を張り (索張りと呼ぶ)、材を吊り上げる作業索に材を吊り上げ (あるいは引きずり) ながら、搬器を移動させ、材を山から林道上に移動させる機械である (図一 3 参照)。搬器内にエンジンを持つ自走式搬器や搬器を滑車などで代用



図一 3 スイングヤダとその作業 (機械化林業入門 (林業機械化協会) より)

して主索がなく作業索のみで作業を行うこともある。山と機械の間に張る索は、山と機械側に柱となる立木が必要であるが、タワーヤダ、スイングヤダでは、この柱を機械が装備し、また、機械が自走できる構造となっている。

(ア) フォワーダ (Forwarder ; Forward : 運送する)

フォワーダは、装備しているブーム型グラップルクレーンで林内の単幹材を載荷して運搬する車両である。スキッドと異なり、材を引きずらないので地表の攪乱や搬出材、残存立木の損傷を抑えることができるが、林内で短材に造材する必要がある。荷掛作業がなくなるが、車両が材の近く (5 m 程度) まで接近する必要がある。ウインチを装着した機種は、グラップルクレーンが届かない 80 m 程度離れた材を引き寄せることもできる。集材工程は、伐倒、造材工程と比べ、時間がかかるが、リフトアーム式フォワーダは、荷台を作業道脇に置き、造材が済んだプロセッサなどでフォワーダが材運搬中にこの荷台に材を積込むことにより、伐出システム全体の能率を向上させることができる。また、荷台をコンテナ形状にして、森林バイオマスを収穫することもできる (写真一 2)。



写真一 2 リフトアーム式フォワーダ

(イ) スキッド (Skidder ; Skid : 引きずって運ぶ) スキッドは、チェーンソー (あるいはフェラーバン

チャ等)で伐倒されたままの枝付き材をスキッダ後部のグラップルで掴み上げ、けん引状態で集材する。集材後、材は運材トラックが到着する土場でチェーンソー、プロセッサ等で造材される。グラップルスキッダ作業は、伐倒された材まで後部を近付ける必要があるが、従来のトラクタと異なり、伐倒された木にワイヤロープを掛ける荷掛け手やこれを外す荷おろし手を省くことができ、労働生産性は高い。写真-3のようにグラップルをハーベスタ作業機に付け替え、ハーベスタで伐倒、ついでグラップルに付け替えてスキッダとして使用する機械もある。



写真-3 スキッダ (ハーベスタ作業機付き)

(ウ) タワーヤーダ (Tower Yarder ; Tower : タワー, Yard : 集材する)

従来の定置式集材機は、伐区ごとのまとまった大量材を長期間かけて集材するが、タワーヤーダは、①元柱となるタワーを架装することで、架設撤去時間を短縮する、②自走式あるいは牽引式の車両に搭載することで移動性を高めることで、架線の架設撤去・移動時



写真-4 タワーヤーダ (林野庁ホームページより)

間を短縮し作業全体の生産性を高め、伐区当たりの搬出量が少ない場合でも、高い生産性を持つことができる。タワーヤーダでは200m程度以上離れた位置にある材を集材することができる(写真-4)。

(エ) スイングヤーダ (Swing Yarder : 運転席が旋回可能な集材機)

油圧ショベルのブームまたはアームを旋回可能なタワーとして使用する。集材距離が200m程度以下の小規模・小径の集材木の架線集材に適応する。荷おろし作業では、索の張力を緩めてブームを旋回し、ブーム・アームの可動範囲内の任意の場所に荷を移動することができる利点がある。なお、主索がなく、作業索のみで集材できる索張りもよく使われる(写真-5)。



写真-5 スイングヤーダとアーム先端にプロセッサ作業機を持つ機械

③造材用機械

前述のハーベスタやプロセッサがある。

(ア) プロセッサ (Processor ; Process : 加工する)

プロセッサは、主に全木材、全幹材で集材された材を林道端の土場で、枝払い、玉切り、集積の工程を行う多工程の処理機械である。作業機はナックルブーム式(ベースマシンは油圧ショベル)が使われ、その構造は、ハーベスタの伐倒機能を除いたものとなる。

作業機の鋸断装置は、①油圧チェーンソー式が一般的であるが、そのほか、②ディスクソー(丸鋸)式などがある。

4. その他の大型機械

最近では、それぞれの高性能林業機械の特徴を組み合わせた新たな高性能林業機械(ハイブリッド機械あるいは複合機械)や森林バイオマスを収穫する機械、また、グラップルローダのアームをロングアームとして作業道から材の木寄せを行う機械などが開発されている。



写真一六 土工用とプロセッサ用のアームを持つ機械

(1) ハイブリッド機械

(ア) スキップにハーベスタ作業機を装備した機械 (写真一三), (イ) スイングヤードに作業機としてプロセッサを装備した機械 (図一三に示すスイングヤードと異なり, アーム先端のプロセッサ部分を地面につけ元柱となるブームを安定させるとともに, インナーロッド機構でブームを伸ばし, 高くして集材しやくした機械) (写真一五), (ウ) 土工用とプロセッサ用のアームを持つ機械 (写真一六) などがある。

(2) 森林バイオマス収穫機械

(ア) チッパー, 薪割り機

枝, 材として使用できない端材や幹などを運搬しやすいよう森林内でチップ化する機械や薪とする機械が使用されている。

(イ) バンドリングマシン

枝条を紐で束ねて圧縮し, 運搬しやすい形とする機械がある (写真一七)。

(3) 高性能林業機械を支援する機械

(ア) グラップルローダ

ブーム・アームの先端に大型のグラップルを装着し



写真一七 バンドリングマシン



写真一八 ロングアームグラップルによる作業

たもので, 作業道脇の丸太の積み上げ (はい積み), トラックへの積込みに, また, 最近では, ロングスパン (20 m の木寄せ可能) を持つロングアームグラップルが開発され, 作業道からの木寄せ集材などに使用されている (写真一八)。

JICMA

[筆者紹介]

豊川 勝生 (とよかわ かつみ)
林業機械化協会
機械化林業編集長

