

先進林業機械導入事業で道内3地区に導入される機械と 高効率作業システムについて

(独) 森林総合研究所北海道支所 佐々木尚三

1. はじめに

図-1はおなじみのグラフですが、わが国の素材生産コストを、北欧、オーストリアと比較したものです。この図からわかるように、わが国の素材生産コストは、スウェーデン、フィンランドの4.5倍、地形条件等が似ているオーストリアと比較しても2倍になっています。このように素材生産の生産性・生産費に大きな差が生じた原因としては、北欧諸国ではなだらかな地形を活かして高性能林業機械による生産システムが早くから定着したことが挙げられます。またオーストリア、ドイツなど中欧諸国においては、単木材積を高めるなど、一本の木の価値を高める施業が行われ、木材価格が比較的高かった1960年代に重点的な路網整備が行われたことで現在の生産基盤が確立したと考えられます。

一方わが国では、地形が急峻・複雑なこと、人工林の多くが成長途中であり、丸太の材積が小さかったこと、材価の高い時期には高効率・低コスト生産の取組みが、あまり行われなかったことなどが原因で、今日の状況になっていると考えられます。

しかしながら、わが国の人工林は10歳級以上の高齢級林分が35%を占めるなど利用段階に入りつつあり、現状のまま10年間推移すると全体の6割が10歳級以上となるなど、その蓄積が急激に増加しています。そのため国産材の生産・活用のさらなる促進が求められています。また、高性能林業機械の保有台数も全国で3802台(H20年度末)、最近の5年間では毎年6~9%の台数増加となっているなど、生産性向上と低コスト作業の条件が整ってきています。

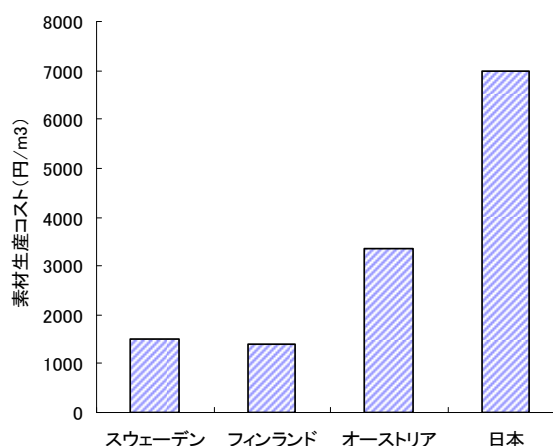


図-1 素材生産コストの海外との比較
林野庁「素材生産費等調査報告書」(2003.3)

2. 伐出作業システムについて

先進的な高性能林業機械であっても、効率的な作業を実施するためには条件に適した使い方が不可欠です。特に地形は作業の仕組(作業システム)を決定する最も重要な条件と考えられます。表-1はオーストリアの素材生産の作業システムと労働生産性・生産コストを示しています。山岳地が多く、架線集材のイメージの強いオーストリアですが、地形条件が許せば、より生産性の高い林内走行型の「ハーベスタ・フォワードシステム」が使われていることが示されています。

「チェーンソー+スキッド等」の作業システムは、トラックの走行できる基幹林道を高密度に開設し、スキッドやトラクタに装備されたウインチによって集材する方法で、路上作業型システムに分類されます。基幹林道を開設すれば地形を問わず利用できますが、30°以上では、同じ路上型の作業システムでもウインチの代わりにタワーヤードなどの架線集材を利用する作業システムが一般的で有利となります。

表-1によると、「ハーベスタ+フォワーダシステム」の生産性が高く、生産費共に有利なことが分かります。しかし生産性・コスト共に数値の幅は大きく、例えば生産費の最小値は「チェーンソー+スキッド等の作業システム」から得られています。すなわち条件によっては、「チェーンソー+スキッド等の作業システム」の方が「ハーベスタ+フォワーダシステム」より低コスト作業が可能の場合もあるということであり、条件に適合したシステムの選定が重要になってくるわけです。

表-1 オーストリアの素材生産

地形条件	タイプ	作業システム	労働生産性 (m ³ /人日)	生産コスト (円/m ³)
緩傾斜 0~20°	林内走行型	ハーベスタ・フォワーダ (2人)	30~60	2,600 ~3,800
中傾斜 0~30°	路上作業型	チェーンソー・スキッド等 (3人)	7~32	2,400 ~5,300
急傾斜 30° ~	路上作業型	チェーンソー・タワーヤーダ (3-4人)	7~43	3,200 ~5,500

林野庁「諸外国における森林の小規模分散構造に対応した林業経営システムに関する調査」(2008.3)から改変

3. 先進林業機械導入事業について

この事業は、全国11地区に国内外の最新の性能・構造を有する先進的林業機械を導入し、また改良を行う林野庁の補助事業です。主体である事業体に行政や研究機関等が協力し、導入機械やその作業に対して、地域の実情に適合するような改良を加え、また導入機械の作業効率、安全性、環境負荷などの検証等を行うことで、生産性を大幅に向上させた新しい作業システムの構築を目指そうとするものです。導入機械や作業システムは、見学会、現地検討会等を通じて広く公開し、地域への普及を目指すことになっています。北海道内には釧路、紋別、鶴居3地区の事業体提案による導入機械が選定されました。

1) 高速8輪フォワーダ(写真-1、表-2)

このフォワーダは、2年まえに鉄車輪で試作された1号機、昨年度に不整地用ホイールに変更して走行性を高めた2号機をベースに、駆動系を4ポンプ4モータの油圧駆動に変更するなど、メーカーとしては3号機として新たに開発した機械です。2輪4組の車輪をそれぞれタンデムボギーとして、ピッチ方向に自由度を与え、不整地における走行性、障害物乗越え性能等を、これまでのゴムクローラタイプフォワーダと比較して大幅に改善しています。また現在のところ実証されておりませんが、4ポンプ4モータの駆動系を活かして、登坂性能、旋回性能の大幅アップを図る設計となっています。



写真-1 雪上の集材(釧路市有林にて)

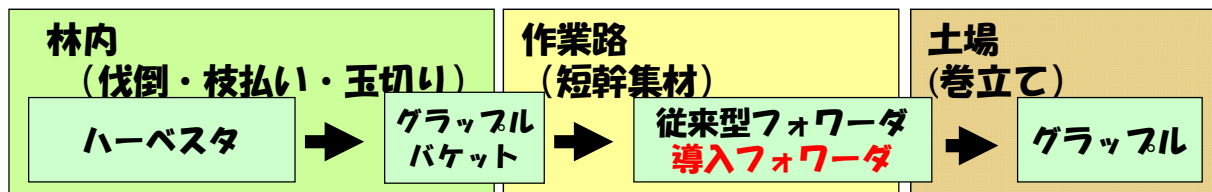
またこの機械は、後部ボギー台車回転することによる舵取り旋回と、左右車輪の駆動速度を変化させるスキッドステアリングを併用する旋回方式を備えており、ホイールタイプでありながらかなりの小旋回が可能であり、また全体的にもコンパクトな車体となっていることなど、

クローラとホイールの特長を併せ持つ車両となっています。その特徴を活かして、林地に配慮した小旋回が可能であること、不整地における走行安定性が高いこと、高速走行が可能でサイクルタイム向上が見込めることなどの、既存フォワーダからの改善点が挙げられています。

表－２ 高速８輪フォワーダ

実施事業体	導入機械	特徴
大澤木材(株) (釧路市)	松本システム エンジニアリング RM-T500	8輪駆動、旋回方法（後部ボギー台車回転＋スキッドステアリング）、駆動方式（4ポンプ4モーター）、キャビン（ポリカーボネート製窓）

作業システムは、林内走行型のハーベスタ・フォワーダシステムですが、本機械は積下ろし用のグラップルを装備していないので、先山における積みみ用と、土場における荷下ろし・樅積み用のグラップルローダが必要になります。想定される効果としては、①フォワーダ集搬速度向上等による集材能力向上、②ハーベスタとの生産性の違いによる待機時間軽減、③土場におけるグラップル待機時間軽減、による全体的な生産性向上を目指しています。



図－２ 高速８輪フォワーダによる作業システム

２）ハーベスタと林業専用ベースマシン（写真－２、表－３）

本導入機械は、林業専用ベースマシンにハーベスタヘッドを装備したもので、林内走行性の高い屈折式車体、パンタグラフ式ブームとリーチの長いテレスコピックアーム、快適で広い視界のキャビンや、造材サイズ測定と記録、製品情報伝達、GPS、GIS機能等の造材支援コンピュータなども備えた、現在最も先進的な林業機械といえるものです。

車体サイズが全長 7m、全幅 2.6m、車高 3.8m と国産油圧ショベルをベースとするハーベスタと比べてかなり大きいですが、持前の不整地走行性と林内作業専用設計されたアームに



写真－２ 林内走行するハーベスタ
(西興部道有林にて)

助けられ、必要な伐開幅は 4～4.5m 程度と、上部が旋回することによって 5m 以上の幅を必要とする油圧ショベルより狭いスペースで作業を進めることができるようになっています。立木の間に直線的に伸すことのできるテレスコピックアームのリーチは 10m あるので、車体が走行するストリップロードと呼ばれる走行路は 20m 程度の間隔で設ければ、林分全体をカバーできることとなります。その際、枝払い作業を車体の直前で行い、枝を走行路の保護マットとして利用することが一般に行われます。またメーカーからは、常に斜面方向に走行するような作業とすれば、20° 程度の傾斜地にも十分対応可能であるとの説明がなされました（写真－３）。

北欧のハーベスタ・フォワーダシステムは、畑のような平坦地で利用する作業システムとのイメージがありますが、傾斜地作業が日本の土壌、植生、気象などの条件下でも可能であるならば、導入機械は日本の人工林分でも大いに活躍しそうです。今後の検証が待たれるところです。

表－3 ハーベスタと林業専用ベースマシン

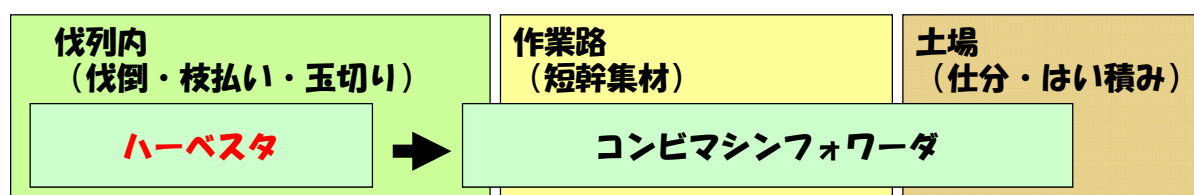
実施事業体	導入機械	特徴
佐藤木材工業(株) (紋別市)	Ponsse Oyj (フィンランド) Beaver	屈折式旋回車体、パンタグラフ・テレスコピックアームハーベスタ、造材コンピュータ(サイズ測定記録、情報伝達、GPS、GIS等)、広視界キャビン

上記のような機構上の先進性に加えて、導入ハーベスタには、造材作業をアシストするコンピュータが搭載されており、伐採本数、材の長さ、直径、材積、稼働時間などを測定して記録することが可能となっています。さらには、工場と需要・供給情報を交換し、材の価値を最大にして出荷する機能も搭載されています。しかしこれらの機能は、利用者側の体制が整うことで初めて効果を上げるものです。残念ながら日本では、材積計算方法一つをとっても、機械による合理的な作業をうまく利用できるようなってはいないようです。今後これらの機械導入と同時に、木材流通の仕組みも改善していく必要があると思われま



写真－3 ハーベスタの傾斜地作業
(フィンランド) 写真 Ponsse 社

導入機械による作業システムは、日本で最初の本格的なハーベスタ・フォワーダシステムとなります(図－3)。現状では組み合わせるフォワーダの集材能力がハーベスタと比較して、かなり小さいことが予想されるため、ハーベスタとフォワーダの作業を同時直列作業としないで、それぞれの機械が別のタイミングで作業を行うのが良いと考えられます。



図－3 専用ハーベスタによる作業システム (ハーベスタ・フォワーダシステム)

3) トラクタと木寄せウインチ・けん引荷台・ハーベスタ・グラブ(写真－4、表－4)

導入した機械はドイツ Fendt 社の 714VARIO をベースに Werner 社が林業用に改造を加えたトラクタです。このベースマシンは、農業用として使われることの多いトラクタであり、そのため建設機械と比べて機械サイズの割にエンジン出力が大きく作業機に十分な油圧動力を供給することができます。改造を加えた後は、キャビンを作業方向に旋回できること、ウインチ本体を



写真－4 トラクタによる木寄せ作業
(鶴居村にて)

車体の最前部に装着して機体のバランスを保っていること、不整地走行性に優れた足回りけん架装置を備えていること、駆動コントロールにメカトロニクスを駆使していることなど、最新の技術を随所に取り入れた機械であり、ベースマシンとして高い完成度を誇っています。

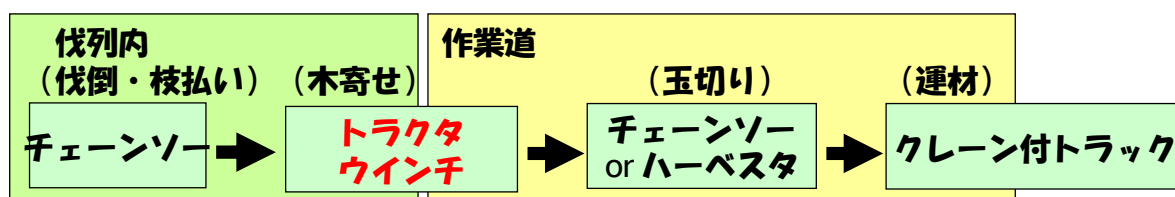
2基装備されているウインチはそれぞれ独立にあるいは協調して作業可能であり、繊細なコントロールが可能なりモコンで操作されます。国内で一般に使われてきたブルドーザウインチと比較すると、操作性や作業強度の面で格段に進歩していると言えるでしょう。また小断面のテレスコピックアームを備えたグラップルクレーンは、ウインチで木寄せされた材の移動に威力を発揮しそうです。

表－4 ハーベスタと林業専用ベースマシン

実施事業体	導入機械	特徴
鶴居村森林組合 (阿寒郡鶴居村)	Fendt/Werner 社 (ドイツ) Wario 714 c	高性能リモコンウインチシステム、回転可能キャビン、テレスコピックアームグラップル、自動追従けん引荷台

本機械による作業システムは、ドイツフォレスターの提言によって進められている高規格路網整備と一体になった「チェーンソー＋スキッド等（トラクタ・ウインチシステム）の作業システム」です。約 150mの間隔で配置された基幹林道を基盤として、作業は①チェーンソーによる伐倒・枝払い、②ウインチによる上げ荷優先での全幹集材、③路上で玉切り、④クレーン付きトラックで搬出、するシステムです（図－4）。路体は排水を重視して屋根型を強調した構造になっています（写真－4）。

一般に、路上作業を前提としたウインチによる集材作業システムは、単木材積が大きく立木密度が低い林分条件で効果を発揮すると考えられます。しかし本機械導入地区内でも、特に間伐遅れなど必ずしもそのような条件に合致していない林分も多く存在すると考えられ、そのような条件で集材距離が長くなると作業が難しくなり、生産性の低下が心配されます。基盤となる高規格路網整備には限界があるので、集材のためのやや低規格な路網の配置も考慮して、ウインチによる集材距離を短くすることが必要と考えられます。



図－4 トラクタウインチシステムによる作業システム

4. おわりに

先進林業機械を活用するためには、機械作業だけでなく路網配置や間伐計画を立案できるオペレーターの養成が直近の重要な課題です。また今後は、機械作業に適合する人工林の施業のあり方の検討、大径化への対応、機械サイズと運搬時の問題、安全性、環境保全など解決すべき問題が山積みしています。今回道内3地区に導入された林業機械のポテンシャルを活かして林業を活性化していくためには、これからの取組みが重要になっています。