

持続可能な森林経営研究会
第 11 回セミナー
2009 年 4 月 7 日
議事概要

「我が国に合った林業機械のあり方とは何か」

※この議事概要は、事務局でとりまとめたものであり、発言によっては、趣旨を取り違えていることもありえますので御容赦下さい。

1. 要旨

わが国に合った林業機械のあり方とは何か

今富 裕樹（森林総合研究所）

1. 林業機械の変遷

わが国における林業の機械化の始まりは明治中期であり、当時鉱山で実用化されていた運搬技術を応用した鉄線運材が紀州尾鷲地方、富士御用林に導入された。続いて国有林において森林鉄道の開設が進んだ。このように林業の機械化は運材工程から始まった。

本格的に機械化が進んだのは第2次大戦後のことである。特に、昭和30年代において風倒木の処理のために、伐出作業にチェーンソー、トラクタ等が導入されたことを契機に機械化が積極的に進められた。昭和40年代には森林鉄道から林道中心の伐出作業システムへ移行し、チェーンソーによる伐木造材、トラクタや集材機による集材、トラックによる運材という伐出作業システムができあがった。また、地拵え、下刈り等の育林作業には刈払機の普及が見られた。昭和50年頃からは私有林を中心として、林内作業車、モノレール、簡易架線、自走式搬器等の間伐材搬出用機械が導入された。昭和60年代に入り、プロセッサ、ハーベスタ、フォワーダ等の高性能林業機械の本格的導入が始まった。

現状での伐出作業用機械の保有台数をみると、チェーンソー、集材機、トラクタ、運材車（林内作業車）等の在来型林業機械は毎年少しずつ減少しているが保有台数は多く、伐出作業での役割は依然として大きい。高性能林業機械は3,474台保有されており（平成19年度末）、機種別ではプロセッサが最も多く1,086台、続いてフォワーダ（914台）、ハーベスタ（558台）、スイングヤーダ（481台）、となっている。

機械作業システムをみると、最近では集材機系が減少する一方、林内作業車系が増加してきており、機械システムが架線系から車両系へシフトしてきている。筆者が2002年に実施した間伐での機械システム調査結果では、車両系システムでは全木・全幹集材と短幹材集材が半々程度の比率で実施されており、機械の組み合わせとして、チェーンソー（伐倒・造材）－林内作業車あるいはフォワーダ（集材）が最も多かった。また、木寄せや小運搬にグラップルが使用されているケースがみられた。近年、グラップルローダ（運材機能なし）の保有台数が増加している。車両系システム、特にフォワーダを活用している間伐現場では集材路網を高密度に開設し、集材路上からの材の引き出し（木寄せ）やフォワーダへの積み込みにグラップルローダを使っているケースを最近よく目にする。一方、架線系システムではその多くが全木・全幹集材であり、機械の組み合わせとして、チェーンソー（伐倒）－集材機（集材）－チェーンソー（造材）、チェーンソー（伐倒）－集材機（集材）－プロセッサ（造材）、チェーンソー（伐倒）－スイングヤーダあるいはタワーヤーダ（集材）－プロセッサ（造材）等が多くみられた。造材工程ではプロセッサが使用されているケースが多くみられた。全木・全幹集材といった長材を集材するケースではプロセッサに

よる造材処理がかなり定着してきている。

2. 伐出作業用林業機械に関する日本と欧州の比較

林業機械全般の話として、欧州では日本と異なり林産業が重要な産業となっていることから、林業機械の需要も多い。また、大連続きであることから、ある国で製造された林業機械が他の国でも購入される状況があり、林業機械としてもマーケットが広いということが言える。エルミア、インターフォレスト、オーストロフォーマ等の大規模な林業機械展示会が定期的に行われていることから、そのことが言える。林業機械メーカーも大手のメーカーも存在する一方、林業機械を構成する各パーツを製造する専門の機械メーカーも多いようである。また、農業にも兼用できるように、農業用トラクタにアタッチメントを付けて林業機械として活用している点がわが国とは異なっている。

伐出作業用林業機械は、架線系集材機械と車両系集材機械に大別されるが、架線系集材機械については、欧州では日本のスイングヤーダやタワーヤーダと比べて中長距離集材対応の機械が多い。したがって、欧州の架線系集材機械はわが国と比べて（日本のスイングヤーダやタワーヤーダによる架線系集材機械と比べて）大型のものである。また、作業の仕方がシンプルであり、自動荷卸し等を装備する等、作業の省力化にも対応・工夫がなされている。なお、中長距離対応の架線系集材を使用する場合には、小伐区面積の場合では架設撤去等に費用がかさむため、ある程度以上の伐区面積が必要である。わが国では数多くの架線索張りを開発しており、架線技術としては世界でも優れた技術を有していると思われるが、シンプルさの追求はあまり考慮されてこなかったように感じられる。なお、わが国の架線集材では、現在、スイングヤーダの普及が進んでいるが、この機械はわが国のオリジナルの機械と言える。

車両系集材機械については、欧州で使用されているハーベスタやフォワーダは、ホイールタイプが多いことが特徴である。フォワーダはホイール式足回りのトレーラ仕様が一般的である。急傾斜地対応型のハーベスタでは履帯式のものも導入されているが、基本的にはホイールタイプが多い。これは北欧等の岩の多い緩傾斜地でのハーベスタやフォワーダ等の林内走行を考慮したものである。また、ホイール式の方が走行速度では有利である点があげられる。わが国では、急傾斜地が多いことや軟弱地の対応のために、履帯式の車両系集材機械が多く使用されている。フォワーダについては、普及当初は 2.5t の積載量を持つ総輪駆動ホイール式の機種であったが、近年はホイール式の機種に替わり、ゴムクローラ式の機種がその台数を伸ばしてきている。これは不整地運搬車を元にして林業用に改良したものである。接地圧が低く、軟弱走破力や登坂能力が高く、狭い作業路上でも比較的容易に方向転換できるといったメリットもある一方、ホイール式に比べ走行速度が遅く、ステアリングを切ると地面をかく乱してしまうデメリットもある。

わが国におけるハーベスタやプロセッサ等の伐木造材機械のベースマシンは、ほぼ履帯式の建設用の油圧ショベル（バックホウ）が使用されている。この理由は油圧ショベルの

普及台数の多さと、それに伴った価格の低廉化とアフターサービスの充実があげられる。履帯式の油圧ショベルは、性能面からみても、機械走行路を走行する場合に限れば、接地圧の低さや登坂能力の高さ、安定性の高さの点でホイール式に比べて優れた性能を持っていると言える。

伐木造材機械の作業機については、機械メーカーの国籍にかかわらず、純粋に価格と性能での競争になっている。わが国では、ハーベスタでは海外製品の普及が進んでいるが、プロセッサでは国内のものがよく使用されている。この理由として、スウェーデンやフィンランドではハーベスタの需要が高く、機械メーカーの技術革新が進んだことがあげられる。一方、プロセッサでは、架線集材との組み合わせにおける重宝な機械として導入が進み、早い時期から開発を手がけていた国内機械メーカーが改良を繰り返した結果、完成度があがって現場に定着したものと考えられる。傾斜地の架線集材を行っている中欧ではプロセッサの需要はあるが、わが国の製品に対して、特段のアドバンテージがあるとは思われない。もし、それがあるのであれば、既に導入が進んでいるものと考えられる。なお、海外のハーベスタ作業機を油圧ショベルに架装する場合、以前は油圧のマッチング（圧力・流量の調整）に手間取ったということも聞いたが、現在は油圧ショベルメーカーの林業機械への理解が進んだこともあり、そのような問題もなくなったと考えられる。

3. これまでの林業機械化推進の考え方

これまでの林業機械化は、昭和 50 年代を境として、それ以前は国有林主導で推進されてきた。木材生産のための森林資源を国有林が多く保有し、活発に国有林野事業が展開されていたことが、その背景にある。その頃までの林業機械化の考え方としては、大面積の皆伐施業を対象としたものであった。また、林業労働者の賃金も上昇してはいたが、現在のような高賃金ではなく、木材価格も右肩上がりでも上昇しており、木材価格の上昇分で林業労働者賃金の上昇を吸収できた時代でもあった。その結果、林業機械化の推進の考え方としては、効率化、低コスト化といった経済的な要素を重視するというよりも、「重筋労働からの解放」、「安全作業の重視」、つまり労働負担の軽減や労働災害の軽減といった、労働の安全といった視点がより強かったものと考えられる。また、機械化推進の主導が国有林といった公的組織であったことから、その視点が重視されたことは理解されよう。

昭和 50 年代以降の林業機械化の推進は、国有林の経営悪化という状況変化により、国有林主体から民有林主体へ移行していった。また、林業機械化の考え方は、間伐を必要とする森林（人工林）が増えてきたことから、間伐施業に対応したものへと変わっていった。さらに、木材価格が昭和 55 年以降、下落し続け、林業労働者賃金も上昇し続けていった。その結果、林業機械化の推進の考え方は、間伐施業を意識した機械化、高効率・低コスト化を意識した機械化が重視されるようになった。

4. これまでの林業機械の開発

林業機械化の推進も相俟って、林業機械の開発は昭和 50 年代初めまでは国有林を中心として進められてきたが、それ以降は機械開発を一般会計負担により系統的に行われるようになった。林業機械開発に関する国のこれまでの取り組みとして、林業災害防止機械開発改良事業、先端技術導入林業機械開発事業、育林用林業機械開発推進事業等がある。これらの開発事業として、自走式搬器、タワーヤーダ、プロセッサ、ロングアームグラップル、自動枝打機等の林業機械が開発され、現在、現場で活躍している。また、新しい林業機械に繋がる機構等についても開発されてきた。その一方、開発のために投資したにもかかわらず、実用に至らなかった機械も存在することも事実であり、いくつかの疑問点もある。それらについて示せば、次のとおりである。

- ・ 林内走行機械（急傾斜不整地移動機械）の開発に重点を置き過ぎではなかったか。
- ・ アイデアに走りすぎ、難しい機械になり過ぎていなかったか。
- ・ 開発後の機械改良に対する取り組みが不十分ではなかったか。
- ・ 現場のアイデアや意見の取り込みが不十分でなかったか。
- ・ 機械開発に重点を置きすぎ、機械をうまく使っていく作業システムのイメージが不十分ではなかったか。

5. これからの林業機械について

今後の林業機械の開発に関しては、社会情勢やニーズ等を踏まえると、省力・低コスト化に向けたもの、軽労・安全化に向けたもの、機械による環境負荷低減に向けたもの、さらに今後の林業機械の深化・発展につながる基礎・基盤に向けたものが求められることが考えられる。

これから求められる林業機械としての具体例をあげれば、次のようなものが考えられる。わが国の人工林の齢級配置は 8～10 齢級がピークとなる分布構造であり、今後、林分の成長により高齢級の林分、つまり大径材を有する林分が増加してくることが予測されることから、大径材の搬出に対応した機械が求められる。また、低コスト育林技術を通じ、再造林を増加させることによる林分構造の是正が必要と考えられることから、低コスト育林を実現させる新たな機械が求められる。さらに、再生可能で環境負荷の少ない資源、つまり末木・枝条、端材等、これまで利用してこなかった木質資源の有効活用が必要とされることから、林地残材を効率よく収集・運搬できる機械が求められる。

2. 講演



林業機械の変遷(第1期の機械化)

- **明治期**
 - ・尾鷲地方、富士御料林で鉄線運搬が始まる。
 - ・津軽森林鉄道、阿里山鉄道が着工される。
- **大正期**
 - ・阿里山コロジャウッド集材機が導入される。
 - ・木曾御料林、小川森林鉄道が着工される。
- **昭和初期**
 - ・木曾型集材機等の製作・改良が行われる。
 - ・国有林コトラックが導入される。
- **昭和20年代**
 - ・秋田農業署でトラクタ集材材を始める。
 - ・国有林の機械導入が活発となる。
 - ・外国製チェーンソーが導入され始める。

・ 第1期 索道

→集材機、トラック、トラクターの導入

林業機械の変遷(第2期の機械化)

- **昭和30年代**
 - ・北海道風倒木処理のため国有林に大量の林業機械導入。
 - ・国有林森林鉄道のトラック道への切り替え。
 - ・民有林のチェーンソー導入が盛んになる。
- **昭和40年代**
 - ・チェーンソー等による振動障害の社会問題化。
 - ・国有林がスウェーデン製システムの実験導入。
- **昭和50年代**
 - ・低振動チェーンソーの開発が活発化。
 - ・民有林に間伐材搬出用の林内作業車が普及。
- **昭和60年代**
 - ・北海道の民有林にフィンランド製のハーベスタ導入。
 - ・林野庁が高性能林業機械の開発事業を始める。

・ 第2期

国有林中心に機械化

チェーンソー (昭和 30 年代)

→振動障害が問題に (昭和 40 年代)

→間伐の必要性から、民有林の活躍

→高性能林業機械 (プロセッサ、ハーベスタ) の導入 (昭和 60 年代)

林業機械の変遷(第3期の機械化)

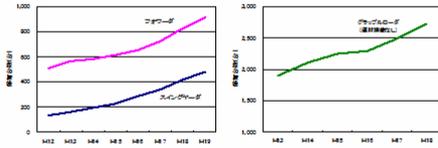
- **平成元年**
 - ・高性能林業機械保有台数が76台となる。
 - ・クワッドトラックが発売される。
- **平成2年**
 - ・プロセッサ (GP30A) が発売される。
 - ・タワーヤード「CKH-10502」が導入される。
- **平成3年**
 - ・農林水産省「高性能林業機械化促進基本方針」を公表。
 - ・九州各地、19年台風災害跡地処理を契機として高性能林業機械の導入進む。
 - ・クワッドが発売される。タワーヤードMTVが発売される。
- **平成7年**
 - ・高性能林業機械保有台数が1000台を超え(1243台)。
- **平成12年**
 - ・農林水産省「高性能林業機械化促進基本方針」を改訂。
 - ・高性能林業機械保有台数が2285台となる。
- **平成19年**
 - ・高性能林業機械保有台数が3474台となる。

・ 第3期

タワーヤード、プロセッサの開発

→「高性能林業機械促進基本方針」(平成3年)

最近保有台数が伸びている林業機械



- ・ グラップルローダは、積み込み積み下ろし、荷の移動において活躍している。

大型フォワーダの登場



- ・ 従来は 3, 4t 積載であったが、5, 6t 積めるものがでてきた。

ロングリーチグラップルの登場



- ・ リーチは 12m ほどである。

スーパーロングリーチグラップルの登場



- ・ リーチ 20m。
林野庁依頼の低コスト作業システム開発において使用が考えられている。

ハーベスタ・フォワーダシステム (フィンランドの事例)



Harvester (ハーベスタ)
 機体重量: 13-25 ton
 間伐: 8-15 m³/時
 皆伐: 15-30 m³/時
 生産量: 15000-80000 m³/年



Forwarder (フォワーダ)
 機体重量: 10-20 ton
 積載量: 8-18 ton
 能率: 10-30 m³/時
 生産量: 20000-60000 m³/年

- ・ハーベスタで伐倒・造材→フォワーダで集材、がほとんどである。

大型タワーヤーダシステム (ドイツの事例)

作業システム:

チェーンソー(伐倒)→主幹式タワーヤード(集材)→スキッド
 (小運搬)→チェーンソー(造材)

タワーヤード(大型)

生産性: 9m³/時

①集材費: 19ユーロ/m³ (2,280円/m³)
 ②伐倒費: 15ユーロ/m³ (1,800円/m³)
 ③開路費: 5ユーロ/m³ (600円/m³)
合計集材費(①+②+③): 39ユーロ/m³ (4,680円/m³)



グラブスキッド(小運搬)



- ・大径材の場合。

小型タワーヤーダシステム (ドイツの事例)

作業システム:

チェーンソー(伐倒)→タワーヤード(集材、無段操作)
 →ハーベスタ(造材)→フォワーダ(運材)

小型タワーヤード

生産性: 5m³/時
 (20本/時)

①伐倒-集材費: 21ユーロ/m³ (2,520円/m³)
 ②造材費: 10ユーロ/m³ (1,200円/m³)
 ③運材費: 5ユーロ/m³ (600円/m³)
合計集材費(①+②+③): 36ユーロ/m³ (4,320円/m³)



- ・ホイールタイプが多い。

ハーベスタ・フォワーダシステム (ドイツの事例)

- ・樹種: 1イオウヒ(60-70年生)
- ・地形傾斜: 平坦
- ・集材間隔: 20m(湿地等の軟弱地では30m)
- ・ハーベスタの生産性: 10m³/時 (稼働: 8-10時間/日)
- ・フォワーダの生産性: 10m³/時より大
- ・機械価格: ハーベスタ-35万ユーロ(4,200万円)
 フォワーダ-20万ユーロ(2,400万円)
- ・採算ベース稼働時間: 2,000時間/年

集材現場



VALMET911.1



VALMET840



プロセッサ付きタワーヤーダシステム (オーストリアの例)

・作業システム:
チェーンソー(伐断)→(荷揚げ)→
タワーヤーダ(集材)→プロセッサG端材)

・生産性:50-70m³/日
・生産コスト:23ユーロ(3600円/m³)

資料: 森林利用研究会(2012)



下げ集材の様子



シンクロファルケ(マイヤースルンホフ社)



- ・スウェーデン、ドイツ、オーストリアなどでは、林業機械展が大規模に開催されている。

日本と欧州の比較(林業機械全般)

- 欧州では、林産業が重要な産業となっていることから、林業機械の需要も多い。
- 近隣諸国と陸続きであり、林業機械としてもマーケットが広い。
- 大手の林業機械メーカーが存在する一方、機械の各パーツを製造する専門の機械メーカーもある。
- 農業用トラクタにアタッチメントを付けて林業機械として活用。

日本と欧州の比較(架線系集材機械)

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 日本 ● スイングヤーダが多い ● (長所) <ul style="list-style-type: none"> ・ 土着を用いない簡易架設方式のため、架設の架設・撤去や移動が容易。 ・ 作業ポイントを移動しながら効率的に小面積間伐を繰り返す場合等に適する。 ● (短所) <ul style="list-style-type: none"> ・ 低く、架設位置での格引を無射となり、ウインチ格引も最大張力3トン以下にとどまる。 ・ 長い距離の無射には不適である。 ・ 常速度が遅い。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 欧州 ● タワーヤーダが多い ● (長所) <ul style="list-style-type: none"> ・ 土着を掘り、架設位置を高くすることにより、大径木の集材も可能である。 ・ 土着を掘ることで、間伐林で残存木にも傷をつけないような集材もできる。 ● (短所) <ul style="list-style-type: none"> ・ 土着を掘る場合、架設の架設・撤去や移動に時間がかかるため、ある程度の区画集材が必要。 |
|---|---|

日本と欧州の比較(車両系集材機械)

● 日本

- 比較的小型で、クローラ式が多い
 - 傾斜が低く、地面との接触面積が多いためグリップ力が強く、教習地走破力、登取・降坂能力が高い。
 - 狭い作業場でも比較的容易な方向転換が可能である。また、あかっぱでの脱出も容易である。
- (短所)
- 走行速度が遅い。
 - 凹凸地帯の林内での走行は困難である。
 - ステアリングを切ると地面をかき出してしまふ場合がある。
 - 傾斜が大きくと、連続登とクワッパル操作が分離しているため、非効率な作業となる。

● 欧州

- 比較的大型で、ホイール式が多い
 - 傾斜が深い。
 - 林内走行での伏機等障害物、岩等の乗り越えができ、走破性が高い。
 - 効率的な走行及びクワッパル操作が可能。
 - 傾斜が小さく、脱出性、操作性が高い。
- (短所)
- 傾斜が高く、教習な作業場では走行が難しい。
 - 地面との接触面積がクローラに比べて少ないため、グリップ力が小さく、教習地走破力、登取・降坂能力が低い。
 - 小回り歩まかない。

日本と欧州の比較(ベースマシン)

● 日本

- ベースマシンに建設機械用のクローラ式の車圧ショベルを適用している。
 - 傾斜が低く、比較的安価である。
 - 小径・中径(径100〜200mm)の油圧ショベルは、わが国の作業場にも適って導入可能。
 - 短回りがクローラ式であり、狭い作業ポイントでの機体の回旋が容易。
 - 傾斜が低く、地面との接触面積が高いため、突進した作業が可能。
- (短所)
- 走行速度が遅い。
 - クローラ式であるため、走行時の振動が大き。
 - 凹凸地帯の林内での走行は困難である。

● 欧州

- ホイール式の特殊専用機械を適用する場合が多い。
 - 走行速度が高い。
 - 特殊走行での伏機等障害物、岩等の乗り越えができ、走破性が高い。
 - ホイール式であるため、走行時の振動が小さい。
- (短所)
- 大型のベースマシン(20〜40トン)が主流であり、高価である。
 - 大型のベースマシンであるため、傾斜が高い作業場、複雑な地形環境が必要となる。
 - 機体重量、自重増への導入が困難。
 - 小回りが難しく、教習な作業場では走行が困難。

日本と欧州の比較(作業機:ハーベスタ・プロセッサヘッド)

● 日本

- 中・小径木処理に適した小型・軽量の機種が多い。
 - 中・小径木(直径20〜30cm程度)を効率的に処理できる。
 - 送料装置はゴムローラが主流で、木の傷防止に貢献している。
- (短所)
- 傾斜の過度は最大径45cm程度までの枝払い(玉切50cm程度まで)が限界である。
 - ゴムローラ式の送料装置は、装置の重量が重く、機体のメンテナンス費用がかかる。

● 欧州

- 大径木処理が可能な機種が一般的。
- 直径60cm程度の大径木処理が可能である。
- 送料装置は鉄クローラ式が多く、装置の重量が少なく、機体のメンテナンス費用が少ない。
- 鉄クローラ式の送料は、樹幹を損傷しやすい。

わが国における伐木造材機械の作業機

伐木造材機械の作業機については、機械メーカーの国籍にかかわらず、純粋に価格と性能での競争になっている。わが国では、ハーベスタでは海外製品の普及が進んでいるが、プロセッサでは国内のものがよく使用されている。

(その理由として)

- スウェーデンやフィンランドではハーベスタの需要が高く、機械メーカーの技術革新が進んだことがあげられる。
- プロセッサでは、架線集材との組み合わせにおける重要な機械として導入が進み、早い時期から開発を手がけていた国内機械メーカーが改良を繰り返した結果、完成度が高まって現場に定着。
- 中・小径木プロセッサの需要はあるが、わが国の製品に比べて、特長のアドバンテージがあるとは思われない。
- 海外のハーベスタ作業機を油圧ショベルに架装する場合、以前は油圧のマッチングに問題があったが、現在では解決。

林業機械化の背景(昭和50年代以前まで)

- 林業機械化は、国有林主導で実施。
- 皆伐施業が多かった。
- 木材価格は右肩上がりて上昇していた。
- 作業者賃金も上昇していたが、比較的安かった。

林業機械化の考え方(昭和50年代以前)

- 皆伐施業を主とする機械化
- 高効率化、低コスト化はあまり意識せず？
- 重筋労働からの解放
 - 労働負担の軽減
- 安全作業の重視
 - 労働災害の軽減

林業機械化の背景(昭和50年代以降)

- 国有林の経営悪化により、林業機械化の推進は、国有林主体から民有林主体へ移行していった。
- 間伐を必要とする森林(人工林)が増えてきたことから、間伐施業に対応した機械化が必要となってきた。
- 木材価格は昭和55年以降、下落していった。
- 林業労働者賃金が増加していった。

林業機械化の考え方(昭和50年代以降)

- 間伐施業を意識した機械化
- 高効率を意識した機械化
- 低コストを意識した機械化

労働負担の軽減・労働災害の軽減も根底にはあるが¹

林業機械開発に関する国の事業の取り組み

- 森林環境保全先端技術導入機械開発事業** (先端技術導入林業機械開発事業)

長期的視点に立ち、メカトロニクス等の先端技術を導入して種が国の急峻な地形、多様な樹材種、多様な森林施業等に対応した、主として伐出作業に対応する高性能な林業機械を開発する。
- 間伐等育林用林業機械開発推進事業**

間伐等育林の遅れ及び林業従業者の減少・高齢化等林業労働力を取り巻く現状に対応し、間伐等選定作業及び傾斜地、急天下での人力による重負作業である選定作業の機械化を促進し、労働環境の軽減等を図るための高性能林業機械を開発する。
- 環境負荷低減対応等機械緊急開発改良事業** (林業労働環境機械開発改良事業)

森林の多様な機能の持続的発揮に配慮した森林施業に対応するとともに、林業経営の改善に資するため、林業機械作業に伴う環境負荷軽減及び災害防止等を図るための高性能林業機械等の改良開発を行う。

- 昭和 50 年代まで国有林中心→その後一般会計で開発がおこなわれるようになった。

これまでの開発機械に対する疑問点

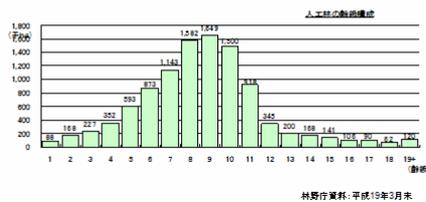
- 林内走行機械(急傾斜不整地移動機械)の開発に重点を置き過ぎではなかったか？
- アイデアに走りすぎ、難しい機械になり過ぎていなかったか？
- 開発後の機械改良に対する取り組みが不十分ではなかったか？
- 現場のアイデアや意見の取り込みが不十分ではなかったか。
- 機械開発に重点を置きすぎ、機械をうまく使っていく作業システムのイメージが不十分ではなかったか。

- 林内走行機械の開発に重点を置き過ぎた結果、実用化が進まなかったのではないか。
- 開発→モニタリング→機械改良、という事例もあったが、予算が足りず行われなことが多かった。

今後の林業機械開発にあたっての視点

- 省力化・低コスト化
- 軽労化・安全化
- 環境負荷軽減
- 林業機械の深化・発展のための基礎・基盤

人工林の齢級構成



これから求められる 林業機械

- 林分の成長により高年齢の林分、つまり大径材を有する林分が増加し、森林資源が成熟して行くことが予測される。
→ 林分からの大径材の搬出に対応した機械
- 低コスト育林技術を推進し、再造林を増加させることによる林分構造の是正が必要とされる(低林齢林分の充実に)。
→ 低コスト育林を実現させる新たな機械
- 再生可能で環境負荷の少ない資源、つまり末木・枝葉、端材等、これまで利用してこなかった木質資源の有効活用が必要とされる。
→ 林地残材等を効率よく収集・運搬できる機械

- 現状では若い森林が少ないので、再造林を増加させる事が必要である。

3. ディスカッション

(発言者の表記について： 説明者→説、委員→委、アドバイザー→ア)

委：林業機械と言うことだが、今回は素材生産の機械に関して主に議論したい。

委：スライド「今後の林業機械開発にあたっての視点」内の「環境負荷軽減」「林業機械の深化・発展のための基礎・基盤」について具体的に教えてほしい。

説：「環境負荷軽減」は、林地に対して負荷をかけない、ということ。「基礎・基盤」は林業用ロボットや遠隔システムのような、機械に乗らずに外から操作するシステムの開発を考えている。測量、樹木の測定を自動的に行える機械、というようなイメージを持っている。

委：「環境負荷軽減」は林内走行を前提としていると思うが、そもそも日本の林業機械で林内走行できる機械は無いのでは。

説：現状ではほとんどない。林地を荒らさないという意味と、バイオマスも収集するという意味で「環境負荷軽減」という言い方をした。

委：毎日林業機械を使っている。日本の機械を使っているのだが、機械の専門家に現場まで来て見てもらったところ、これは林業機械ではなく建設機械だ、なぜこんなものを使っているのか、と言われた。また、我々は間伐を行いその間伐材を山から出して組合員から負担をもらわずに補助金と木材の売り上げで作業道をつける仕事をしている。効率が悪ければ赤字になってしまう。いかに効率を上げるかを、ここ10年ずっと考え、若い職員と議論している。今回の講義の中でいくつか思う事があった。

- ①「伐出における機械システムの変化」のスライドについて。機械システムがどう変わったからコストがどうなった、という事まで含めて説明していただかないと。システムの変化だけでは良かったのか悪かったのか評価できない。
- ②「大型フォワーダの登場」スライド。我々も持っているが、ほとんど使わない。効率が悪いからである。間伐では伐倒した材が1か所に固まっていないから、車両を移動させて、席を移動して積んで、再び席を移動して運転して、としないといけない。運転席と操作席が別なため効率が悪すぎる。また、長い材(4mなど)を積むと、重心が後ろにきすぎてウイリーしてしまい、危険である。現場で使っているものとして、これは問題である。
- ③「日本と欧州の比較(車両系集材機械)」スライドについて。日本に多い小型でクローラ式の短所として、地面をかく乱してしまう場合があると書いてあったが、場合があるのではなく確実にかく乱する。5~6回使うと、底がつかえて雨水がたまる。看過できない問題なので、我々は木を敷いている。一方、欧州の方の機械の短所は、解決できる問題である。軟弱な作業路で走行が難しいのであれば地面を固めればいい、

とか。何が言いたいかと言うと、単なる比較から一步脱皮して、この機械で作業するとコストが下がるか下がらないか、という点を評価すべきだということ。日本の機械での作業は、補助金がなければ成り立たない。これから材価がどうなるか分からないが、1日一人15 m³生産くらいを目指せる機械システムの開発を目指していただきたい。

説：おっしゃることは承知している。

まず、林業機械でなく建設機械ばかりだということについて。ベースマシンについては、安価に手に入るという事でプロセッサやハーベスタのベースマシンは仕方なく建設機械を使っていると思う。フォワーダについても建設機械などから持ってきたもので、林業用独自のものではない。最近ゴムクローラが多いが、土工のメーカーが開発したものが増えていっている。皆さんのおっしゃる通り林業用になっていない、というのは承知しているが、開発となると経費がかかる。ベースマシン開発となるとそれなりの需要見込みがないとできないので、現状では日本のメーカーでは難しいのではないかと感じている。希望としては、林業専用の足回り装置は欲しい。以前キャタピラのトラクターでやわらかく動けるものがあったが、それ以上のものは今のところない。

- ①コスト変化も示すべきという指摘について、その通りだと思う。車両系の方がコストが安くなっているというのが事実としてあるようだ。
- ②機械の重心の問題について。一般車両、建機を転用しているという事で、そういう問題はどうしてもあると思う。
- ③欧州の問題は解決できる、ということについて。現在の欧州の車両を日本で使ったからこんな問題もある、という理解をしていただきたい。

委：先程の委員が言われたことは、基本的考え方がどうなっていたのか、ということ。乗り換えが必要な機械について、どうして乗り換えなくて済む格好にならなかったのか、考えに基づいているのか。15 m³ 20 m³生産の話についても同じである。今の10 m³の林業機械を改良していったらできるのか、できないのか、を議論しないとイケない。だから生産性分析が必要なのである。日本でできるのか、できなくてこの程度なのか、と言うのを議論をされているのかが全く分からない。どうお考えか。

説：根幹を突いたご質問である。日本の林業機械の現状では、15、20 m³は難しいのではないかと思う。作業のやり方、仕組みを考えていくことである程度コストダウンは実現できると考える。それ以上は現状の機械では難しい。欧州の機械を日本で使えるように、そのための道などの基盤作りをすれば、それも実現できるのでは。

委：①日本ではプロセッサがよく売れてハーベスタが売れない、ということについて。これは問題だと思う。プロセッサもハーベスタも基本的には同じ構造の機械である。違いは、プロセッサにはグラップルが付いている、つまりそれ1台で積み込みができるという点である。しかし、プロセッサで積み込むと積載量が少ないし、機械自

体の価格が高い。チェーンソー作業は危険だし効率悪いから減らしたい、ハーベスタで伐りたい。造材の能力についてはプロセッサもハーベスタも同じ。積み込めるからという理由でプロセッサが売れているが、プロセッサで積み込んだら償却費からみて採算合わない。そこまで考えていないのでは。指導が必要である。

②路網と機械は関係しているという点について、その通りだと思う。日本の路網はまだhaあたり10数m。これから間伐して抜き伐りをして材を出す、となると路網整備が欠かせない。日本の山は高い所で標高1000mくらいあるが、ここまでトラックを上げるための路網を整備すると考えると、コストが非常にかかる。この問題を、フォワーダを使うことで解消できると考える。フォワーダで走ればかなりコスト削減できると思う。トラックで走る道とフォワーダの走る道は違うし、道の長さも短くて済む。これからの日本の森林をどうデザインしていくかを考えた上で機械のあり方を考えていくべきである。現場で作業する者としてそう思う。

委：先程話に出た「基本的考え方」について。2007年に初めてヨーロッパの機械展に行った。解説書を見て驚いた。林業機械を大変合理的に説明している。比較基準も統一し、コストもきちんと出している。日本は一体何なんだ、と思ってしまった。日本ではコスト計算の基準すら明示されていない。ある研究者が一人1日4m³で5000円でできました、と言っていたが、これはありえない。まず林業機械はどういうベースでコスト計算されるのか、償却とメンテナンス経費と燃料費、諸経費など様々な要素がある。購入価格で一定の率をかける、というふうに計算していけば、採算がとれるのか分かるはずである。ヨーロッパでは年間の可能生産量が必ず出ているが、日本では見たことがない。たとえばスイングヤーダの利用が右肩上がりで行っているが、果たして採算がとれるのかは示されていない。本当に意味のある機械なのか。コスト計算はされておらず、補助金で買えるから買われている、という実態がある。林業機械は複数の組み合わせで使われることが多いから工期による効率の違いが大きくなる。工期間の格差をいかに小さくするかが重要。ヨーロッパではそれを考えて作られている。生産性を合わせる。生産性を一致させないと効率が上がらない。日本の林業機械で工期間の格差を解消する発想で開発されているものは無いように思う。また、架線について、一回の索張りですぐ稼げるかが重要で、届く距離が長くないと意味がない。架線は重量物を引き上げるものだから、安定性・効率性が重要。そうすると一定以上の生産性維持につながると思う。ヨーロッパはこれらがきちんと考えられているが、日本では考えられていない。更に、価格について。絶対的な価格と言うよりも生産性との兼ね合い（m³あたりいくらでできるか）を考えないと本当の計算はできないと思う。

委：今の話は、機械開発の基本的考えをどう整理しているのかという話だったと思うが。

説：ヨーロッパでは数値が整備されているとの話だったが、日本については国有林が以前

データを収集して機械ごとの原価当たりコストを一律に出したという経緯がある。昭和30年代くらいのこと。これと建機の状況を把握しながら係数を整理していく。この中で新しい機械が開発されてそれらの係数が整理されていない、というのは確かにあると思う。現在、データを収集してある程度係数を整備している。これらの情報は公開したいと考えている。機械開発にあたってコストを考えて作っているのかという根本の指摘だったが、我々の責任でもあるかもしれないが、これまで機械メーカーは十分な使い方までをフォローしてきていなかった。メンテナンス等についてはあったかもしれないが、生産性まで意識されていなかったと思う。

委：次回のセミナーで素材生産の生産性はどこまで上げられるかを扱う。そもそも生産性とは何なのか、と言う事から考えようと思っている。実情としては、それぞれの会社でそれぞれ評価しているからきちんと生産性の議論ができるのかは疑問である。さらに、機械の生産性だけではなく、システムとしての生産性と言うところまで持っていないと、生産性を議論したことにはならないと思う。そういう問題意識は持っているので、次回のセミナーで議論できれば。機械の開発にあたって考慮すべき点を考慮できているのか、という事が指摘されている。実は、それをどこで誰がやるのかが曖昧。森林総研が全てやることでもないし、林野庁がやるべきとも思うが。機械開発の指令塔はどうなっているのか。非常に曖昧なまま来てしまっているのかもしれない。

委：個人の意見として。機械開発について、技術開発は日進月歩で進んでいくと思う。森林をこれからどう使っていくかと言うマスタープランがあって、ゾーニングがあって、道をどうつけて機械をどうするか、と言う話であるべきだと思う。機械だけを議論しても、結局土建機械の様な開発は日本ではできないという風にネガティブな話になってしまう。林内路網を作設するとなった時に、それを入れる山をどう扱うのかという基本的な計画があって、林道が入って、機械が入る。この順序が重要であると思う。機械から考え始めるとそこだけに目が行ってしまう。それではいけない。今日の話と外れるが、地域産業に元気を与えようという事で建設業者を山に入れようというのが国策として推進されている。アンケートを取った人がいるが、その結果は、山は道路を作るのが難しい、単価が安すぎて入れない、持っている機械が大きすぎて山に合わない、といった当たり前のことであった。しかしこれをこれから国が推し進める。森林の様子を含めた総合的な話をしないといけない。今回の話も、技術論＋生態学でどれほどの山ならどういう機械を入れられるか、と考えないと。でないと、ヨーロッパではできて日本ではできない、と言うネガティブな議論になってしまう。

委：今の話も重要。全体の話をしないと機械の話できない、というのは確かにそうである。しかし、機械自体にも問題があるのではないかというのがあって、それを解決しておかねばということでセミナーを開いた。今日のテーマでは、機械側からみたらどうだろう、ということを考えている。両方が相まって始めて機械の問題が解決できると考

える。

委：トータルな視点の話をしたが、機械に関しては業界もあれば単体もある。データを集めているところもたくさんあると思う。問題はすぐに判明する気がするのだが。

委：なぜ乗り換えが必要なのか、なぜ直らないのか。基本的考えに立ち戻るのではないかと思う。日本の機械では作れないのか。ヨーロッパの機械メーカーは大手だ、と聞かされていたが、ドイツに行ってみたらベスマシンを作っているメーカーは年間数十台しか生産していない会社だった、と言う事がありびっくりした。

ア：機械の開発コストは分析されているのか。ヨーロッパのものとよく似た機械が日本で開発できないとか、安い建機を汎用して林業に利用せざるを得ないということだったが、企業にしても、林業専用の機械を生産するだけの興味がわいてこないといったことはあるのか。ヨーロッパでは年間数十台でも開発できる仕組みがある、とか。日本とヨーロッパのメーカーの比較をして本当に同じ開発をできないのか、できるのか。もし林業を何とかしなければいけないという事で機械メーカーに負荷をかけられないということであれば、補助金を用いながら開発していくという方向性を見出すのに日本は何が足りないのか、なぜヨーロッパはできるのかを考える必要があるように思う。

説：研究の視点から言うと、開発費、日本とヨーロッパの開発方法の比較などは、やられていない。機械の開発についても、研究サイドから言うとコストなどは正直分からないう。機械メーカーと山でこういう機械が必要だということになれば行政がリードをとりながらやるしかないと思っている。

委：調べた限りでは、ヨーロッパでは部品メーカーがたくさんあり、それらが付加価値の高いものを作っている。アームの専門メーカーとかキャビンといった例がある。フォワーダで床ごと回転するが、それを作っている専門メーカーがあるとか。ヨーロッパでは部品メーカーがそれぞれ得意分野に特化して作っている。よってそれぞれのパーツの能力が高く、トータルでも性能の高いものができあがる。また、機械開発に際してはユーザーからの圧力も必要である。適当な機械をどんどん買ってしまうようではメーカーも努力をしない。これら複合的要因があり、性能を向上させるためユーザーも賢くならなければいけない。我々が森林施業プランナー研修で森林組合と接する機会があり実態を調べると、稼働率は高いといわれる。しかし、一つの林業機械あたり年間どのくらい生産量があるかを見れば一目瞭然。稼働率が高い、という言葉は信用できない。補助金制度は必要だが、市町村が上乘せして 8 割補助等になってしまうと償却の考えがなくなってしまう。使わない方が得だとなってしまう。これが現状である。

説：機械メーカー、ヨーロッパでは大手「も」ある、ということ。パーツごとに優れた製品を作っている会社もあると把握している。

ア：厳しい意見が出ている。先日の学会でヨーロッパの研究所の方とコンサルの方がスイングヤーダの勉強に来ていて、できれば1台買って帰りたい、と言っていた。ヨーロッパの現在の機械は限界に来ていたとの認識がある。それぞれの土地に合った林業機械が発達してきている。1989年に高性能林業機械が入ってきてから20年経つてようやくハーベスタなどが実用化できるようになってきた。フォワーダにしても、発達している。かつては運転台と操縦席が別であったが、今では回転してバックしても使えるし、乗り換えなくてもよい。なぜ乗り換えが必要かと言うと、コストの問題でそうになっていた。基本的考え方と言うが、機械開発に当たっては、常にコストと周りのシステムを考えてやってきた。団地化が推進されている現状からもわかるように、日本の林業は細切れになっている。方向としては、高性能林業機械。さらに、車両系である。これを日本の山岳地帯に入れるためには、路網整備が必要。低コスト作業システム構築事業をやっているが、開発するためにまずは路網整備をしなければならない。森林組合で体制ができていない、と言うような問題がある。機械が悪いのではなく、背景・環境・地形が悪い。最近、土場の造材作業が長いからこれを機械化しようと言う事でプロセッサを入れ、今では1時間で20 m³できる、日本のスギに合った機械ができた。フォワーダについても、非常に大型化している。1日に1人で運べる量を多くするためにそうになっていった。林内走行車の必要性という背景のもとでフォワーダが登場した。トータルシステムとしては、1つのシステムではない。日本では緩斜地はほとんどなく、ほとんどハーベスタとフォワーダという組み合わせで作業を行う。路網が作れる傾斜30度以下の所などはクラップルで集材してプロセッサで造材、トラックで運ぶ。そうすれば効率よく作業できる。もう一つ大事なことは、普及と言う意味ではオペレーター養成が重要である。3年経たないと1人前にならない。普及・教育の問題がある。

委：私は、機械を使いながらいかにコストを低くするかを考えてきた。チェーンソーで1日30 m³くらい木を伐る。ハーベスタで1日70 m³くらい造材する。フォワーダで一日40~50 m³くらい出してくる。600mくらいの距離。ゴミの掃除、鉄板の引き上げなど後始末がその後ある。これを人数で割って11 m³/日・人くらい。7 m³くらいまではすぐ行ったが11 m³までいくのは大変だった。日本では、ここへきてようやく道をつけて間伐して運び出すという事がされてきた。どこに植えて、というのはこれまでよく研究されてきたが、抜き伐りはこれから。ヨーロッパの進んだ技術をよく勉強して応用していかねばならない。日本は急傾斜、集中豪雨などが多い、その中で使える機械が必要になる。今の時点で日本とヨーロッパを比べてどうこう、というのは違う気がする。

ア：話が広がって参考になった。議論に出てきていないことについて。

①機械化の前に路網整備が重要だと感じている。トラックが入れる程度の立派な作業道がある程度の密度で入っていて、そこからフォワーダしか入れないような道が延

びて集材する、と言うのが理想的なのでは。森林利用では、フォワーダは 600m まで、それ以上だと生産性が下がるというのが常識であった。それが、どんどん道が延びてフォワーダで 1km も 2km も運材するのが当たり前になり、生産性が下がってしまった。路網密度の問題を考えていただきたい。

②生産性の問題。樹種のちがいはどうなのか。日本のスギ・ヒノキとヨーロッパのモミ・ツガではちがう。オーストリアでは、樹齢 70 年で樹高 40m などあって、日本と大分大きさが違う。機械の大きさの違いもある。ヨーロッパではハーベスタ自重 20t くらいであるのに対し、日本では 12t。日本でも 20t クラスのハーベスタをつけているところもあるが、12t クラスに比べると効率は倍くらいだという。機械の大きさによる生産性の差も無視できない。

③プロセッサのグラップルの話。効率が良くないというのはその通りだが、外国のハーベスタはつかめないからそれよりプロセッサだとつかめるから良い、と言う意見も聞いている。

委：ヨーロッパの展示会で表示や説明がきちんとしているということだったが、林業機械の開発がビジネスとして成り立っているのか、補助金がかかり入っているのか。日本ではビジネスとして成り立っていないかと思うが。

委：開発に対し補助金がどのくらい出ているかは分からないが、基本的にメーカーベースで開発されている。補助金は入っているとのことだが、日本とはケタが違う。説明がきちんとされているということについて、一般常識がある程度定着しているのだと思う。功程間の格差をなくすことは、常識である。日本の場合は整理もされず個別に対応されてきた。日本にヨーロッパの真似をしろと言っているのではなくて、ヨーロッパは基本的考え方がきちんと整理されていて、機械を開発・利用するにあたりそれが必要ではないか、ということ。ヨーロッパと同じ機械を開発しろと言っているのではなくて、日本では大企業が囲い込みをしているから難しい所もある。日本の置かれた現状の中でどうしたら次のステップに進めるかが大事である。次に前進するために何が必要かを考えることが重要ではないかと思う。

委：よく分かった。日本の場合、金属機械であれ電気であれ、高度な工業に対する日本の技術レベルは高いと思う。林業機械に関してはヨーロッパと差がある。林業機械開発の方針なり、誰が担当するかといったこと、長期的見通しなどを考えなければならぬのでは。

委：日本の置かれた状況から言うと、開発する能力はある程度の資本力がないとできない。ただ林業機械の性格からすると、中小企業が適すると思う。現在の日本では、規模が一致していない。かつてあった日本の林業機械メーカーがヨーロッパ型の唯一の企業であったと思うが、なくなってしまった。大企業の生産ラインには一致しない。どうすればいいかという答えは見えない。

ア：現場のことはあまり分からないが。

- ①建設機械の転用では駄目、林業機械は林業機械、という話が盛んだったが、どこがいけないのか、林業機械はどうあるべきなのか、分かりやすく教えていただきたい。
- ②フォワーダの話がよく出ている。我々パルプ会社だとバイオマスなどを運びたい。なるべく材になるものもならないものもまとめて、とりあえず道端まで持ってこようと考えた時にいちばん効率のいい方法はどんなものか。

委：①今の日本の林業は、建設機械をベースマシンとして基本的に使っている。フォワーダの能力はスピード×積載量、積み込み積み下ろし時間で評価される。積載量には限界がある。カーブはゆっくり走るにしろ、直線は 15~18km/h で走りたい。また、ハーベスタで木を伐ろうと思っても、機械が安定するという話だったが安定しなくて、危険で作業できない。山で不整地で作業し先端で重いものを持つ設計になっていない、と言うのが建設機械の欠点。ベースマシンを凸凹地で作業できるように改良すれば使える。そのまま使っているから駄目なのである。

- ②バイオマスの話。木は 1 回に運べる量がある。枝葉を持って運ぶ、と言うのは少し考えにくい。チップにしてしまう、などが行われている。

説：②バイオマスを安く収集したいという研究を行っている。日本の現実的問題として、全木で集材して造材して用材は用材として持っていく、残りはチップまたは燃料としてうまく輸送しよう、という風に取り組んでいる。これまで木質資源は最終的に用材として使う部分が 4 分の 1 くらい。残りの 4 分の 3 うち半分は林地、残りは製材所で使っていない、というのが大雑把なところ。全てを使えるような仕組みにしたいということで、枝葉も含めた搬出の仕方を開発中である。

委：環境負荷軽減と言う理論で林地に負担をかけないとのことだったが、林内走行はほとんどできるようにしていくつもりなのか、限界があるから別のこういう方法を取りたいというのがあるのか。

説：緩やかな所は入って行くスタイルがいいと思う。それ以上の厳しい所は道をつけながら道から作業する、機械をやさしい所で作業させる、というスタイルが良いのではと考えている。

委：大径材が出てくる時の話。スイングヤーダは重いものは引けないとのことだったが、今後大径材がでてきたらどうなるのか。

説：タワーヤーダの開発、活用という形になるのでは。日本は架線技術において歴史も技術もある。これを応用できるタワーヤーダのようなものは使っていきべきだろうと考える。

委：今日は林業機械の問題と言う事で、今の機械のどこに問題があるかを知りたかったの

で厳しい議論になった。ヨーロッパと日本との違いは当然あるし、ひとつひとつの数値も単純に比較はできない。これをどういう風に考えながら問題点を議論していくか。しかし実態として、効率的になっていない所がまだまだあるのではないか。作業システムとして効率的でないということもあるが、それ以前に機械として使いづらい点が多々あるのではないか、それは議論しなければいけないと考える。次回は、システムとして生産性をどう考えるかを議論したい。前回は作業網整備のセミナーであった。団地化→まとめたところに作業道→機械、という順で議論してきた。次回は全体のシステム。全体と個々、それぞれが十分に議論できたとは思っていないが、問題は少し見えてきたように思う。