

(2011年5月13日ご講演)

## 第7章 北欧における林業機械化と低コスト生産

東京大学大学院農学生命科学研究科 附属演習林 北海道演習林  
講師・林長補佐 尾張敏章氏

本日は、北欧における林業機械化についてご紹介したいと思う。私は2000年に高性能林業機械化に関する研究で博士の学位を取ったが、林業機械化という点では、やはり北欧が進んでいる。当時から北欧には非常に興味を持っており、スウェーデンには10回以上行っており、フィンランドには2年間留学していた。ただ、フィンランドでは林業機械の研究をしていたのではなく、林産物マーケティングについての研究をしていた。

2006年からは東京大学の演習林でお世話になっており、そこでは天然林施業についての研究をしている。あまり一貫性のないように思われるかも知れないが、私としては川上から川下までのバリューチェーンの全体を見ているというつもりで研究しているところである。

今日のタイトルは、「北欧における林業機械化と低コスト生産」ということである。参考文献については、資料1をご覧くださいと思う。少し古いが、それほど現状も変わっていないと思うので、ご参考になれば幸いである。

本日、こちらに伺う前に当委員会の中間報告を読ませていただいた。基本認識のところを書いてあったが、単に資源管理面だけでなく産業として成立するという意味での「持続する森林経営」が真に実現されることを目指しているということで、私も非常に同感した。

では、どうやって実現していくのかということになるが、やはりまず現状を見た上で、経営ということを見ていきたいと思うが、まず経営として成り立つためには、採算が取れなければいけない。今回は特に伐出コストに注目するが、伐出コストが今の日本ではどういう状況に置かれているかということを見てみると、私が見つけた最新の資料では、スギで1立方メートルあたり6,000円となっていた。ヒノキになると7,000円から8,000円近くになっている。

この数字でも以前に比べれば少し下がってきていると思うが、一方で海外の事例を見ると、スウェーデン、フィンランドでは1立方メートル当たりの素材生産コストはだいたい10ユーロである(資料2)。オーストリアは、およそ25ユーロくらいで、アメリカの例を見てもだいたい20~30ドルくらいの伐出コストが平均的だと思われる。日本円にすると、2,000~3,000円くらいで、北欧に行くと1,000円台である。現在1ユーロは約115円なので1,150円となる。そのくらいのレベルが世界的な伐出コストの水準であるが、やはり日本はまだそれに比べるとかなり高コストである。

それでは、これをどうしたらよいかということで、当然コストを下げるという努力か、ある

いは戦略としてはコストに見合った高い製品をつくって販売すればよいということになるが、今日はコストを下げるというところに注目して北欧の事例を見ながら、なぜそれほど安いのかということを見ていきたいと思う。

林業の採算性を考えると、代出コスト 10 ユーロを 1,000 円くらいと考えていただいて、それに原木費が大体 5,000~6,000 円加わるため、最終的に 6,000~7,000 円の丸太価格で出て行くのがおよその水準である。伐出コストがこれだけ安いがために、所有者に対して還元できるという状況である。一方で日本について見ると、6,000 円にプラス運賃などがいろいろ掛かって、一方でスギの丸太価格は今 1 万円くらいかと思うが、結局、ほとんど所有者に還元できないという状況がずっと続いていると思う。

本日お話しする内容は大きく分けて 4 つある（資料 3）。まず日本と北欧における林業機械化の進展状況の全体的な傾向を見ていただきたいと思う。2 点目に、北欧においてどういう機械が使われていて、どういう作業が行われているか、そのコストがどうなっているかということをご紹介したい。今はかなり動画で機械の作業などがインターネットで見られるようになっており、どれだけスピード感が違うかというところを実際に目で見ていただければと考えている。

3 点目に、低コストを実現するために事業量をどういうふうに確保しているのかという、事業の供給システムについてご紹介したいと思う。最後に、日本において伐出コストを下げるためにはどうしたらよいかということについて、少し考えてみたいと思う。今日は伐出を中心にお話しさせていただくが、日本においては伐出以上に育林のコストの高さがネックになっていると思うので、時間があれば、この辺りについても北欧ではどういうふうに行っているかということをご紹介して終わりたいと考えている。

では 1 点目に、これは当委員会の資料から引用させていただいたものであるが（資料 4）、今日お話しする対象の国はスウェーデンとフィンランドが中心になる。森林面積は日本とほぼ同じくらい、2,000 万 ha くらいある。森林面積はほとんど同じであるが、木材生産量を見ると日本は 2,000 万 m<sup>3</sup> を切る現状であるのに対して、スウェーデン、フィンランドでは 6,000 万 m<sup>3</sup>。日本より寒い国なので木の成長も遅くて木が細いため、森林の蓄積は少ないのだが、それでも 6,000 万 m<sup>3</sup> 前後の生産をコンスタントに行っている。この数字をまず頭に置いていただきたい。

フィンランドの統計を見ると（資料 5）、向こうで使われている林業機械はハーベスタとフォワーダという高性能林業機械であるが、この 6,000 万 m<sup>3</sup> の生産を何台の機械で行っているのだろうか。実はハーベスタは 1,500 台、フォワーダも大体 1,500 台くらいである。6,000 万 m<sup>3</sup> を 1,500 台の機械で伐るということは、1 台当たりの作業量は年間 4 万 m<sup>3</sup> になる。ハーベスタもフォワーダも結構高額で 5,000 万円くらいする機械であるが、それだけ高い投資に見合った事業量をこなしてコストを下げているというのが実態である。

もう一つ、機械化率も同じ統計に出ているが（資料6）、既にほぼ100%である。主伐も間伐もどちらも機械で生産を行っている現状である。

一方で日本の統計を見てみると、資料7は林野庁のホームページから引用したものであるが、高性能林業機械と呼ばれるものは約4,000台入っている。既にフィンランドより多い高性能林業機械が日本には入っているということになる。当然、工程によって使う機械は違うので、この合計値が必ずしも同じ意味を持つとは言えないが、フィンランドでは今は3,000台くらいである一方で、それよりも多い機械で2,000万m<sup>3</sup>を切る生産しか行っていないのが日本の現状である。

資料8は、北海道という、日本の中でも機械化が進んでいると思われる所のデータであるが、工程別に伐出作業システムの状況を見ると、伐採については主伐でも半分以上はチェーンソーで行っている。間伐に至っては4分の3がチェーンソーである。造材については機械化が進んでいるが、集材についてもフォワーダなどは入っておらず、トラクター（ブルドーザ）で集材しているのが現状である。機械の台数は多いが、その機械がすべての素材生産事業に使われていないというのが現状かと思う。

さらに稼働率を見ると（資料9）、これも北海道の数字で恐縮ではあるが、2009年度の数字を北海道庁でまとめたものである。フェラーバンチャという、立木を伐倒し、切った木をそのまま掴んで集積する機械は半数近くの稼働率が25%未満である。また集材の機械であるスキッターは半数以上が稼働率25%であり、最もよく使われているであろう土場で枝払い・玉切りをするプロセッサでも、75%以上使っているのは全体の3分の1しかないという現状になっている。

北欧と比べても機械の台数自体は遜色なく、むしろ多いくらいであるが、一方でその機械を使いこなしていないというのが日本の現状かと思う。そういった認識は林野庁にも当然あると思うが、それで最近は路網を入れるとか、施業を集約化して事業者を集めるというような話をされている。ただ私が個人的に気になるのは、施業を集約化すれば本当にその機械を使った事業が増えるのかどうかということまでは、必ずしも考えられていないのではないかと思う。

つまり集約化が目的になっているのではないだろうか。本来は、事業を集約化した上で、集めた事業量を特定の機械に集中配分して稼働率を上げコストを下げる、というところが最終的な目標になると思うが、その前段階に目標が設定されていて、その先にある、「本当にそれでコストが下がるのか」という点については、この辺りのデータを見る限り、私個人としては少し気になる場所である。

以上のような状況認識の下に、北欧ではどんな機械が使われ、どんな作業が行われているかということをご紹介したい。これからご紹介するのは北欧の自然条件や森林に合った作業であって、必ずしもそのまま日本に適用できるとは私も思っていないが、まずこういった状況であるということを知っていただければと思っている。

写真で見てもあまりイメージは湧かないと思うが、資料 10 以下作業現場の写真を掲載させていただいている。既にこういった写真はたくさん紹介されていると思うが、北欧のハーベスタはベースマシンが専用の機械になっている。この機械で枝払い・玉切りまでを林内で行って、このように丸太が積まれていく。いろいろなハーベスタのメーカーがあり、足回りがクローラ式の機械もある。

フォワーダは林内で丸太にしたものを荷台の付いた機械で集材するというものであるが、これもいろいろな機械がある（資料 11）。資料 12 はスウェーデンの施業体系の例で、フィンランドもほとんど変わらないと思う。およそ伐期は 80～120 年である。南側では 80 年であるが、北側は寒くて成長が遅いので 100～120 年になる。

樹種はヨーロッパトウヒ、ヨーロッパアカマツ、シラカンバの 3 種が主である。ヨーロッパトウヒは主に植えて育てる。ヨーロッパアカマツは主に天然更新を行う。他にもやり方はあるが、地拵えをして、植えて、更新が完了したかを検査して、その後に除伐が入る。その後、間伐が何回か入って、最終主伐が 80～120 年の間に行われるというサイクルになっている。基本的に皆伐である。

資料 13 は間伐用の小型のハーベスタである。見た感じとしてもかなり悪いヨーロッパアカマツの林分であるが、まず地形が平らで、土壌は非常に薄くて、その下は岩なので機械の走行には適している。そこを機械が縫って走って行って間伐を行う。選木もすべてオペレーターに任されている。間伐された丸太は、フォワーダで集めていく。

主伐では当然、機械が大きくなる。木が太くなるので、少し大型のハーベスタで伐倒、枝払い、玉切りまで行ってフォワーダで集材する。資料 14 は間伐した跡地であるが、最近は森林認証や持続可能な森林経営との絡みもあって、保残木を 1 ha 当たり何本残さなければいけないとか、広葉樹は残さなければいけないとか、そういった持続可能な森林経営の基準というものを作って、それに従って施業を行っている。

このように、資料 15 は見た感じは貧弱であるが、広葉樹は残している。こういった伐採の仕方はかなり日本の感覚からすると荒っぽいように見えるが、これで生物多様性や環境に配慮した施業であるということで森林認証を取り、世界から評価されているのが北欧の林業である。

ただ、実はこれには裏話があって、広葉樹を残しているというのは資源戦略的にかなり考えたもので、今北欧では広葉樹の繊維が足りなくなっている。昔、針葉樹を優先して広葉樹をどんどん伐ってしまったために、上質紙をつくるシラカンバの繊維が足りなくなっているの、広葉樹の資源を増やそうというような意図があり、そういうこともあって広葉樹を意図的に残しているという話も現地で聞いたことがある。

機械はハードの部分だけでなく、ソフトの部分でもコンピューター化が進んでおり、資料 16 の画面にあるのは木材の価格表である。今、工場で何 cm、何mの丸太が必要で、それが今いくらで売れるかということで、携帯電話回線経由で機械のキャビンのコンピューターに入っ

てくる。それで一番有利な採材を機械が勝手に行ってくれる。それを工場にそのまま持って行って、工場では材の仕分けを機械が行い、最も有利なように一番高く買ってもらえるような伐り方を、情報を元に機械が勝手にしてくれるという、そういうことも普通に行われている。

資料 17 はフォワーダである。機械化については、この 10 年くらいはあまり変わっていないと思うが、ハーベスタとフォワーダをくっつけて 1 台ですべてこなせるというハーワーダとかフォーベスタといわれる機械もつくられた。ただ、実際にはほとんど動いていないと思われる。やはり 2 台で分けてやった方が作業の効率はよくなるということである。資料 18 も同じようなコンビネーション機械である。

次に機械の重量と生産性についてであるが、ハーベスタの重量は間伐用で 15 t 程度、主伐用になると 20~25 t になる。生産性は資料 19 に書いてある通り、フィンランドの場合は 1 日当たりではなく 1 時間当たりで見ると、間伐では 8~15m<sup>3</sup>/時間、主伐では 15~30m<sup>3</sup>/時間となっている。これまでは 53m<sup>3</sup>/時間というのが最高という話を現地で聞いた。

機械 1 台当たりでは、間伐用では少なめになっているが、主伐では 8 万 m<sup>3</sup>、多い所では 10 万 m<sup>3</sup> を超える所もある。10 万 m<sup>3</sup> を 1 台の機械でこなすのは非常に大変だと思うが、ほぼ 24 時間稼働で、オペレーターは交替するが機械はずっと動いていて、3 交替の 24 時間で 10 万 m<sup>3</sup> をこなすこともあるそうである。フォワーダは量は少し落ちるが、ほぼ同じような感じである。

作業ロット（資料 20）は 1 事業地当たり出材量が 400m<sup>3</sup> を超えないと、機械の運賃等を考慮すると採算が合わないということで、私有林の場合には確か 400m<sup>3</sup> を基準にしていた。特にスウェーデンには大規模な社有林があるので、そういった所ではさらに大きなロットになっていて、あまり機械を動かさなくても済むようにしているそうである。

資料 21 はスウェーデンの伐出コストであるが、ここで言いたいのは、先程冒頭にお示した 2008 年で 101 スウェーデンクローナからコストはあまり下がっていないという点である。この 10 年くらいはほとんど下がっておらず、北欧の生産コストについてはほぼ良いところまで来たのではないかと。フィンランドについても同じである。平均のコストは逆に、先程お示した 10.44 ユーロより高くなっている。なぜ高くなるかということ、間伐が増えているからである。間伐そのもののコストも、恐らく人件費や燃料費などが上がっているのだと思うが、そのためにコストが上がってきている。この点については、北欧の人たちはかなり危機感を持っている。

それではどこでコストを下げるかということ、管理に掛かる費用をいかに下げるかが一つのポイントになる。例えば森林組合の職員が選木して、さらに現場の人が山で伐るとなると二度手間になってしまうので、現場の人に任せてしまう。現場の人が選木もできるような教育をして、任せられるようにしている。機械化はもうほぼ限界まで来たので、その他のところでコストを下げようとしているのが現状になると思う。

まとめると（資料 22）、北欧については伐出コストは約 10 ユーロで、今は少しユーロ安になっているが、せいぜい 1,150 円くらいの単位である。世界的に見ても、かなり安い。なぜコストが下がるかという点、まず生産性が高い。機械化が進んでいる。機械化できるように地形がなだらかで、木の種類も太さも均一である。さらに、機械の高い稼働率がある。オペレーターをシフト制にすることで、人は替わっても機械は動いている。それによって年間 2,000 時間くらい稼働させることで、機械にかかる投資は大きいですが、その投資を回収できるくらいの事業量をこなしている。そのために、事業量を 1 台の機械に対して集中的・安定的に供給する体制があるのが、北欧の伐出作業である。

続いて、事業量をどのように確保しているかをご紹介します（資料 23）。これもやや古い資料であるが、今もそれほど変わっていないと思う。平均的な素材生産事業量は 2 万～3 万 m<sup>3</sup> くらいである。どうやって集めているかという点、大きく 2 つのタイプがあると思われる（資料 24）。

一つは森林所有者協会、日本で言う森林組合が主導して事業を集め、それを事業体に集中配分する方法である。もう一つは、事業者側の木材企業、製材会社や製紙会社が主導して事業を集めて安定供給するというシステムである。森林組合型は主にスウェーデンで行われており、一方フィンランドは私有林が多いが、立木買いが多い。立木を生産者が所有者から買って、買ったものを請負業者に供給するという仕組みになっている。

森林組合が主導する場合（資料 25）には、森林所有者協会の地区担当者が請負業者を地区内にいくつか持っていて、請負業者を所有者に斡旋する。契約自体は所有者と請負業者が契約し、素材生産が行われる。丸太は森林組合直営の工場に売ったり、他の民間の製材会社に売ったりするという仕組みになっている。ここに縄張りのようなものがあるので、他のところは入ってこられないという仕組みである。

ただし、これも競争させなければいけないという意識はかなり強く、全事業の 8 割くらいは長期契約としてつながりのある請負業者に事業を配分するが、残りの 2 割は外から来た業者にも配分して、そこで競争させて、その請負業者が役に立ちそうであれば長期契約になっていくということで、長期契約と短期契約を分けてやったりもしているそうである。

事業供給の単位となる地区の規模（資料 26）についてであるが、まずスウェーデンでは全国に森林組合が 4 つしかないと思う。フィンランドに至っては 1 つしかない。その中で地区に分けており、スウェーデンでは約 5 万 ha を 1 つの地区とし、年間事業量は 6 万 m<sup>3</sup>、そこに担当者が 5 人いて、請負業者も 5 つあり、それで配分していくので 1 事業体当たり 1 万 m<sup>3</sup> ちょっとの事業が配分されることになる。それが他の地区とも合わさって 1 万 m<sup>3</sup>～3 万 m<sup>3</sup> の事業量が集まるということになると考えられる。

もう一つの木材産業会社主導型（資料 27）は、製紙会社や製材会社が所有者から立木で買い、買った木を自分の請負会社に配分していくものであるが、買った木の量が非常に多いため

に集中配分できるということだと思われる。

どちらの場合もポイントは、請負会社が事業量を確保するに当たって、請負業者がコントロールしているわけではなく、事業を出す側が集中配分してコストを下げようという意図を持って事業を配分していることにある。すなわち発注者側の合理化戦略として事業が集まってくるということになっている。地区には担当者がいて事業を配分するが、一方で機械を新しくしなければいけないとか、そういったことを請負業者に要求し、それに従わない請負業者は弾かれてしまうので、要求には従わざるを得ないことになる。そういった技術の向上も求めており、それは各担当者が勤める製材会社や森林組合が国際競争に置かれていて、コストを下げないと生き残れないという図式が、こういった取り組みにつながっているものと思われる。

当然、事業を供給する側の経営規模は非常に大きい。スウェーデン、フィンランドともに林産会社として3大企業があり、森林組合の数も少なくても経営規模が大きい。そういった規模の大きさが、こういった事業供給システムを組める大きな理由になっていると思われる。

北欧のやり方をそのまま日本に持ってこられるとは思わないが、同じような取り組みは各地域の現場レベルで起きていると思っている。そういった中で、日本で伐出コストを下げられるためにはどうしたらよいかということで、大きく3つを考えてみた(資料 28)。今事業量の話をしたが、まず機械は十分に入っているのだから、入れた機械をいかに活かしていくか、あるいは活かすために事業供給体制をいかに確立するかということになると思う。実際1つの事業体レベルでそれぞれが機械を持って局所的に最適化を図っているわけだが、そうではなくて協力してもう少し大きな規模での全体最適を図っていく必要がある(資料 29)。そのために、全体の最適化を図り、リーダーシップを取れるような主体が必要になってくるのではないかと思う。

北海道の場合は、道東の森林組合が導入したハーベスタを非常に上手に使って、コストが1m<sup>3</sup>当たり 3,000 円くらいになっている。2000 年からそういったことに取り組んでいた。その森林組合では何をしているかということ、その森林組合が隣接する所にいくつかの森林組合があったが、業務提携を結んで隣の森林組合からの仕事も受けて事業を集めた。道東では傾斜が緩いという条件のよさもあるとは思いますが、機械を持っている請負業者に機械が使えるような場所はすべて任せるというわけである。少し傾斜のきつい所など、従来の作業システムではできない場所については、他の業者に任せるという形で、その森林組合が中核になって事業を配分するような取り組みを行っていた。

日本の場合には、すべての場所で高性能林業機械が使えるわけではないので、その仕分けを誰かがやらなければいけない。機械が使える所には使って、使えない所には別のシステムで作業するという仕分けをするということで、北海道ではいくつかそのような事例が出てきている。道東の場合には業務提携という形で、緩やかな結びつきを持ってそういった仕組みをつくってきたということである。施業集約化ということに加えて、そういった部分も検討したらよいのではないかと個人的には思っている。

2番目に、複雑な作業条件をどういうふうに克服するかということになるが、今申し上げた林地区分、機械が使える所と使えない所のそれぞれに合った最適な作業システムは何かということをはっきりさせないとそういう仕分けもできないので、その辺りをまず考えなければいけない。また、日本の場合には傾斜地が多いので、やはり基礎研究としては急傾斜地においていかに機械化を進めていくかということの研究する必要もあると思われる。

例えばオーストリアでは、最近の森林・林業再生プランの実践事業では農業用トラクターを入れているが、あれも当然一つのシステムであるが、一方で急傾斜地対応の高性能林業機械（ハーベスタ）なども入っている。資料 30 を見ていただくと、法面（のり面）も上っていきけるような機構になっている。このような機械に事業を集めている。オーストリアでは、チェコに行ってこの機械を動かしたりするということを行っており、国を越えた移動もしているようである。資料 31 は傾斜が 20～25 度くらいあったと思う。

最後に、日本の林業の現場を見ると、丸太が運ばれるまで土場で待っていて、一服してからようやく木が来て玉切りをするといったように、かなり待ち時間が多い。つまり、どこかで止まってしまうと全部が流れなくなるというシステムになっているが、先程のハーベスタ/フォワーダシステムでは完全に工程が独立していて、それぞれが独立して作業しているので待ち時間が発生しない。そういった待ち時間をなくすことで、生産性は上げられるのではないかと思う。

資料 32 はアメリカ西海岸のやや内陸に入った場所であるが、このようにグラップルで集材している。グラップルを土場に置いておくと、土場に木が来るまでその機械は遊んでしまうことになるが、グラップルが集材に行ったり、土場の桟積みをすることで機械の遊び時間をなくそうとしている。北海道でも最近グラップルを使った集材が増えているが、待ち時間をなくすような仕組みが考えられるのではないかと思う。

伐出作業については以上であるが、少しだけ時間をいただいて育林作業の写真を見ていただいて終わりにしたいと思う。少し古い資料ではあるが、日本の育林費は高く、スギで約 270 万円/ha となっている(資料 33)。一方でスウェーデンは、きちんと同じ比較をしているかどうかはよく分からない面はあるが、約 20 万円/ha 程度となっている。植付けの工程だけを見ても日本はかなり高いが、スウェーデンでは苗木代込みで 1 ha 当たり 7～8 万円くらいである。

この差は伐出費用以上に開きが大きく、育林についてはかなり他の国と比べて差が大きいので、育林費用の方が深刻だと思う。これは機械化だけでなく、作業そのものをなくしてしまうようなやり方もいろいろあると思うが、ここでは機械だけを見ていただこうと思う。

スウェーデンでは、地拵えは 100%機械化されている。ハーベスタ/フォワーダと同じベースマシンのアタッチメントにこういったディスク・トレンチャーというものが付けられている(資料 34)。この円盤が回ると土壌が攪拌されて地拵えができる機械である。このディスク・トレンチャーもコンピューター制御されていて、表土の硬さなどをセンサーで認識して最



適な回転速度と抵抗で攪拌していくようになっているそうである。

資料 35 も地拵え機械であるが、マウンダーという機械である。ここではパッチ・スカリフレーションという名前になっているが、全面を地拵えすると土壌が流出したりしてあまりよろしくないということで、植える所だけを起こして苗木を植えていくという機械である。これもベースマシンはハーベスタ/フォワーダと同じなので、アタッチメントを取り付けるだけで余分な投資は必要ない。

また、最近ではGPSで作業管理などをしていて、地理情報システム（GIS：Geographic Information System）がキャビンの中にある（資料 36）、走った軌跡が記録されていくようになっていて、地拵えをきちんとしたかどうかという作業管理ができる。このデータを見れば、現地に行かなくても、ちゃんと仕事をしたかどうかということを確認できるようになっている。これは今年、私のいる東大北海道演習林でもやろうとしている。

植付けでは、フィンランドが特に機械化が進んでいると聞いているが、ベースマシンはエクスカベータという日本の機械で、アタッチメントとしてコンテナ用のマガジンが装填されている（資料 37）。植付けの機械化は、苗木生産の段階からデザインしないとまず無理だと思われるが、今は日本国内でもかなり検討されていると思う。コンテナ苗木生産の試験は私のいる演習林でもやっている。

資料 38 も植付け機械であるが、1回に2本同時に植えられるようになっている。このローラーで土壌を攪拌し、苗木を植付けていくものである。

スウェーデンにおける植え付けや播種の育林コストは、2008年は1ha当たり6,029クローナ（1クローナ=約13円）となっている（資料 39）。下刈りがないところの影響が非常に大きいのかも知れない。除伐はブッシュカッターで行っている。

以上で、私からの話題提供を終了致したい。

## <資料1>

### 参考文献

- 尾張敬章・中村 昇・仁多見俊夫(1997)高性能林業機械化と事業の安定確保に関する研究—北欧諸国の事業供給システム—。日本林学会論文集, 108:411-412
- 尾張敬章(2000)業務提携で高性能林業機械化に活路を拓く—北海道十勝地域・芽室町森林組合—。道庁日誌『スギの新戦略2—地域森林管理編—』, 126-142。日本林業調査会, 東京
- 尾張敬章(2001)北欧における素材生産の低コスト戦略。木材情報, 126:11-15
- 尾張敬章(2001)高性能林業機械化による低コスト生産の実現に向けて—北海道・芽室町森林組合の事例から—。山林, 1406:23-30
- 尾張敬章(2002)示唆に富むオーストリア林業の機械化戦略。山林, 1420:20-26
- 尾張敬章(2003)欧州主産地の資源状況と素材生産。『欧州材の輸入と三大産地国の実態—フィンランド・スウェーデン・オーストリア—』(林政総研レポート64), 47-80。(財)林政総合調査研究所, 東京
- 尾張敬章(2005)企業家が牽引する林業の経営革新(海外の緑:オーストリア)。グリーンパワー, 322:32-33
- 尾張敬章(2007)機械化によるコスト削減に向けて—北海道林業の挑戦—。北方林業, 59(10):4-6
- 尾張敬章(2007)北欧諸国の伐出作業の現状と我が国の林業。森林利用学会誌, 22(2):79-80

2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(尾張)



## <資料2>

### 伐出費の国際比較

- スウェーデン: 101 SEK/m<sup>3</sup> (1,370円/m<sup>3</sup>)
- フィンランド: 10.44 EUR/m<sup>3</sup> (1,260円/m<sup>3</sup>)
- オーストリア: 22.4 EUR/m<sup>3</sup> (2,710円/m<sup>3</sup>)
- 日本(スギ): 6,039円/m<sup>3</sup>

出典:Swedish Statistical Yearbook of Forestry 2010、Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2010、梶山(2011)、林野庁・素材生産費等調査報告2007

2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(尾張)



## <資料3>

### 内容

- 日本と北欧における林業機械化の進展状況
- 北欧における伐出作業の方法とコスト
- 北欧における事業量の安定供給システム
- わが国における伐出コストの縮減に向けて
- (北欧における育林作業の方法とコスト)

2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(尾張)



<資料4>

## 木材生産状況の国際比較

	面積 (万ha)		蓄積		木材生産量	
	生産林	その他 (非生産林)	(万m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /ha)	(万m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /ha)
ドイツ	1,048	60	338,000	323	5,391	5.1
フィンランド	2,016	612	216,000	107	5,969	2.9
スウェーデン	2,308	567	315,500	137	6,374	3
オーストリア	337	59	109,473	325	1,547	4.6
日本		2,487	424,900	171	1,830	0.7
うち人工林		1,036	233,904	226	1,325	1.3

出典：日本経済調査協議会(2011)

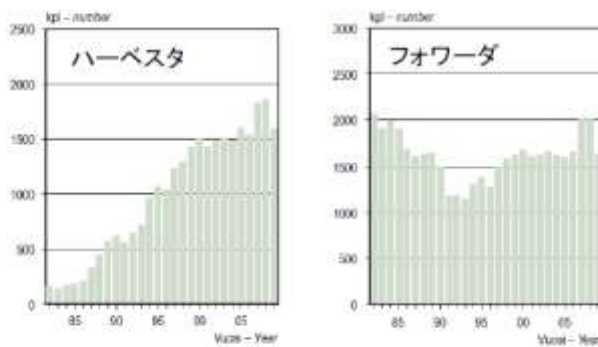
2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(策議)



<資料5>

## 林業機械台数の推移(フィンランド)



出典：Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2010

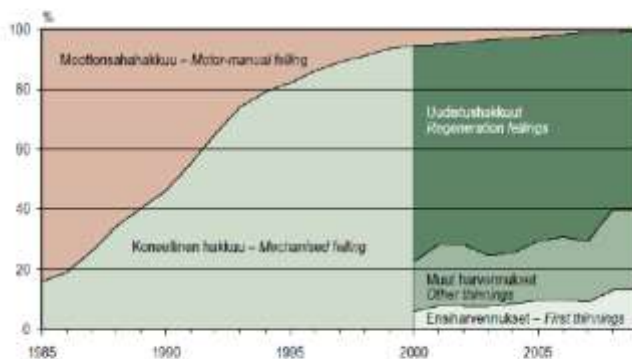
2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(策議)



<資料6>

## 伐倒工程の機械化率(フィンランド)



出典：Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2010

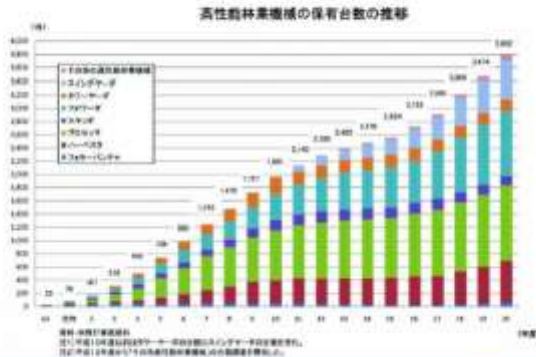
2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(策議)



<資料7>

## 高性能林業機械の保有状況(全国)



2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(関係)



<資料8>

## 伐出作業システムの状況(北海道)



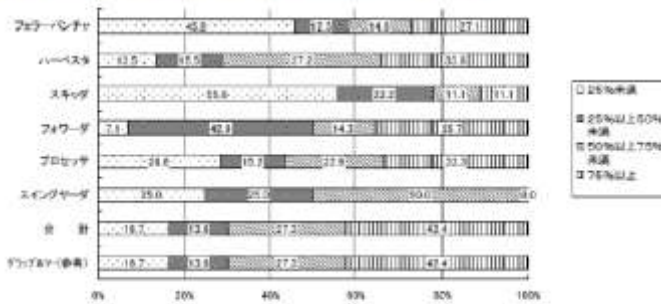
2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(関係)



<資料9>

## 北海道における高性能林業機械の機種別年間稼働率(2009年度)



2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(関係)



<資料 10>

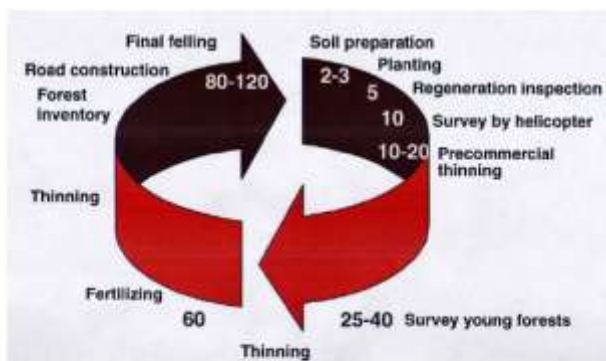


<資料 11>



<資料 12>

## スウェーデン大規模社有林の施業体系



出典:SCA



<資料 13>



<資料 14>



<資料 15>



<資料 16>



<資料 17>



<資料 18>





<資料 19>

## フィンランドの伐出作業機械

### ハーベスタ

13-25 ton

8-15 m<sup>3</sup>/時(間伐)

15-30 m<sup>3</sup>/時(主伐)

15 000 – 80 000 m<sup>3</sup>/年



写真: Motta Erkki Oksanen



### フォワーダ

車両重量: 10-20 ton

積載重量: 8-18 ton

10-30 m<sup>3</sup>/時

20 000 – 60 000 m<sup>3</sup>/年

出典: Rummukainen (2006)

2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(関係)



<資料 20>

## 作業ロット(フィンランド)

### 平均的な作業ロット(私有林)

2-4 ha

間伐、主伐とも

50-250 m<sup>3</sup>/ha

350-550 m<sup>3</sup>

集材距離: 250 m



Photos Arto Rummukainen

### 平均的な作業ロット(国・社有林)

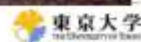
1 300 m<sup>3</sup>



出典: Rummukainen (2006)

2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(関係)



<資料 21>

## 伐出コスト(スウェーデン)

Kalenderår Calendar year	N Norrland Regions of Sweden	S Norrland	Swedish	Götaland	Häls lands Total	Gällingsland Thuring portion
Arvverkstypen Type of cutting	SEK/m <sup>3</sup> (SEK/ha, total volume over bark)					percent forest
2005						
Föringsavverkning Regeneration cutting	74	67	72	122	96	
Gälling Skoning All overlogging All cutting	118	112	128	133	122	
All overlogging All cutting	84	80	92	122	101	13
2006						
Föringsavverkning Regeneration cutting	72	56	64	66	66	
Gälling Skoning All overlogging All cutting	121	118	135	135	131	
All overlogging All cutting	84	79	91	97	89	21
2007						
Föringsavverkning Regeneration cutting	77	69	64	69	69	
Gälling Skoning All overlogging All cutting	128	124	134	145	134	
All overlogging All cutting	66	62	65	66	65	22
2008						
Föringsavverkning Regeneration cutting	91	80	75	77	80	
Gälling Skoning All overlogging All cutting	146	144	158	147	150	
All overlogging All cutting	100	96	104	102	101	28

出典: Swedish Statistical Yearbook of Forestry 2010

2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(関係)





<資料 22>

## まとめー北欧諸国の伐出作業

- 伐出コスト: 10ユーロ/m<sup>3</sup>
- 低コスト化の成功要因
  - 高能率な作業機械: 15m<sup>3</sup>/時
  - 単純で均質な作業条件: 地形、樹種、立木の太さ
  - 高い機械稼働率: 2千時間/年、オペレータのシフト制
  - 事業の安定供給体制: 年間事業量3万m<sup>3</sup>/年

2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(尾張)



<資料 23>

## 北欧諸国の平均素材生産事業量

単位: m<sup>3</sup>/年

	ノルウェー	スウェーデン	フィンランド
ハーベスタ	28,000	37,500	26,000
フォワーダ	19,000	37,500	26,000

資料: 聞き取り調査結果をもとに作成。

出典: 尾張ら(1997)

2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(尾張)



<資料 24>

## 北欧諸国の事業供給システム

### 主導する機関により2つタイプに分類

- 森林所有者協会主導型  
ノルウェーおよびスウェーデン、フィンランド
- 木材産業会社主導型  
フィンランド、スウェーデン

出典: 尾張ら(1997)

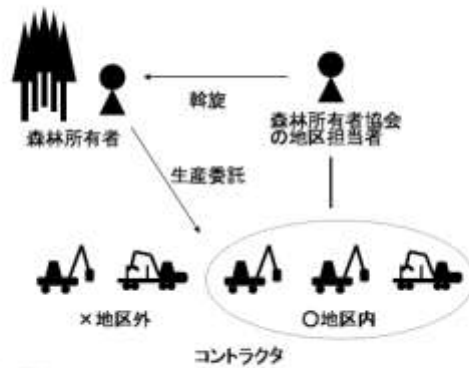
2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(尾張)



<資料 25>

## 森林所有者協会主導型



出典:尾張ら(1997)

2011/5/13

「木業を創る森林産業改革委員会」(尾張)



<資料 26>

## 事業供給の単位となる地区の規模 (森林所有者協会主導型)

	ノルウェー	スウェーデン
面積 (ha)	20,000	54,000
所有者数	200~500	850
年間事業量 (m <sup>3</sup> )	44,500(22,300)	60,000(48,000)
担当者数	1	5
コントラクタ数	5	5

ノルウェー: Vestfold-Ligen Skogeierforening, スウェーデン: V3Herbygden district, Södra Skog

出典:尾張ら(1997)

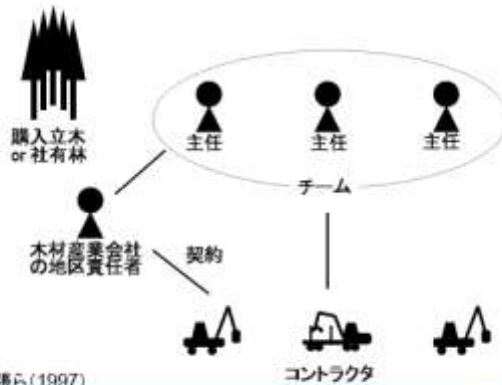
2011/5/13

「木業を創る森林産業改革委員会」(尾張)



<資料 27>

## 木材産業会社主導型



出典:尾張ら(1997)

2011/5/13

「木業を創る森林産業改革委員会」(尾張)



<資料 28>

## わが国における伐出コストの縮減に向けて

- 事業供給体制をいかに確立するか
  - 局所最適から全体最適へ
  - 全体最適化を図る主体の形成
- 複雑な作業条件をいかに克服するか
  - 急傾斜地対応機械の開発
  - 林地区分と最適作業システム配置
- 作業の待ち時間をいかになくすか
  - 作業工程の統合と独立化

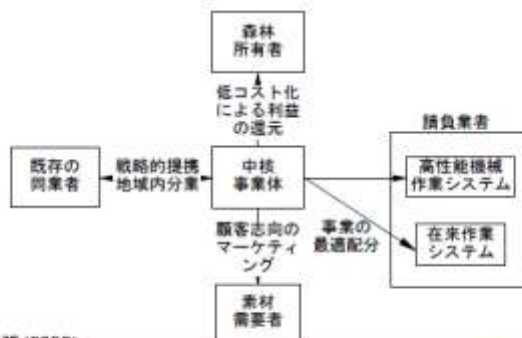
2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(尾張)



<資料 29>

## 高性能林業機械の利用効率化に向けた地域素材生産業の再編モデル



出典:尾張(2000)

2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(尾張)



<資料 30>



<資料 31>



<資料 32>



<資料 33>

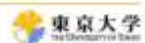
## 育林費の比較

- スウェーデン: 190千円/ha
- 日本(スギ): 2,781千円/ha

出典: 平成13年度林家経済調査育林費調査報告, Swedish Statistical Yearbook of Forestry 2010

2011/5/13

「未来を創る森林産業改革委員会」(関係)





<資料 34>



<資料 35>



<資料 36>



<資料 37>



<資料 38>



<資料 39>

## 育林コスト(スウェーデン)

Aggregatgrupp / Type of machine	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Högskotarening / Logging</b>					
Uppskattad areal i 1 000 ha	21	28	18	16	16
Estimerad kostnad i 1 000 SEK	27 142	22 939	18 219	13 149	15 247
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	1 292	819	1 012	822	953
SEK/ha i medeltal / Average cost per hectare					
<b>Hårtskotarening inkl. högskotarening / Skidspår och skotarening</b>					
Uppskattad areal i 1 000 hektar	170	140	173	173	188
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	214 221	208 494	203 546	243 955	236 040
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	1 260	1 490	1 176	1 410	1 256
SEK/ha i medeltal / Average cost per hectare					
<b>Skogsodling (inkl. skott plantering) / Planting and sowing</b>					
Uppskattad areal i 1 000 hektar	162	147	153	144	140
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	686 991	716 425	1 019 114	871 347	1 086 495
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	4 241	4 873	6 661	6 051	7 761
SEK/ha i medeltal / Average cost per hectare					
<b>Summa skogsodlingar / Subtotal</b>					
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	1 117 282	1 008 629	1 287 919	1 249 412	1 428 952
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	7 001	6 940	7 918	7 418	7 918
SEK/ha i medeltal / Average cost per hectare					
<b>Rijning i plan och lodrigt / Underförskottning / Planering av skogsodling / Intermediate costs</b>					
Uppskattad areal i 1 000 hektar	370	318	317	319	330
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	662 142	706 186	767 249	862 007	930 011
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	1 790	2 221	2 421	2 702	2 818
SEK/ha i medeltal / Average cost per hectare					
<b>Skogsodling / Total for skogsodling</b>					
Uppskattad areal i 1 000 hektar	67	68	70	66	69
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	23 085	20 959	24 399	194 715	171 541
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000	345	309	349	2 951	2 486
SEK/ha i medeltal / Average cost per hectare					
<b>Totalt skogsodling- och skottförskottningskostnader enligt ovan / Total of the above</b>					
Uppskattad areal i 1 000 hektar	2 740	2 408	2 324	2 090	2 011
Kostnader i 1 000 SEK / Cost in SEK / 1,000					

出典: Swedish Statistical Yearbook of Forestry 2010