カナダ林業機械展と製材工場

山 崎 亨 史

はじめに

カナダの機械技術を視察する「カナダ林業機械展・製材工場視察研修ツアー（三津橋貞夫団長）」に参加し，その進んだ技術を学んできたので簡単に紹介します。

訪問先は東海岸側のケベック州と西海岸側のブリティッシュ　コロンビア（B. C. ）州です。この二つの州はカナダでも特に木材工業の盛んなところです。

カナダの林業，林産業の現状

カナダの総森林面積は約322万km^2で国土の32．2%を占めています。

カナダの林業と林産業について資料[1]から拾い読みすると次のとおりです。

1991年の原木生産量は1億5800万m^3ですが，ここ数年減少傾向にあります。用途別の数値は表1

表1　カナダ木材工業における原木の使用量

（単位：百万m^3）

	1991	1990	1989年
製　材	100.7	106.1	115.0
ボード類	7.8	9.1	10.1
輸　出	1.2	1.3	2.4
パルプ	16.8	14.9	16.5
製　紙	18.1	18.7	21.0
その他	13.6	19.0	17.6
総　計	158.2	169.1	182.6

のとおりです。このうち92．7%が公有林（州および国）からの出材で成り立っています。

表2にカナダの主要樹種を示します[2]。林産物の加工工業のほとんどはSPF（トウヒ，マツ，モミ）などの針葉樹が主となっています。一部，紙・パルプでカバ，ポプラなどの広葉樹が増加傾向にありますが，広葉樹の合計は1500万m^3，全体の9．5%となっています。

造材コストは1991年には1m^3当たり46．13ドル（1カナダドル＝約100円），前年45．59ドルよりわずかながら上昇しています。このように造材コストは1989年から5．8%ずつ増加していますが，同じ時期にインフレは年10．4%進んでいます。

製材の経常損失は1989年1億1000万ドル，1990年5億3100万ドル，1991年では5億4300万ドルと，落ち込んできています。このため製材価格をぎりぎりまで引き上げ木材のコストを相殺しています。製材価格は千ボードフィート当たり＄270（約1万2千円／m^3）で前年より＄3（約130円／m^3）程度の上昇です。住宅新築着工戸数はアメリカで1946年以来の最低レベル，カナダでもここ7年間の最低となっています。1991年に223億ボードフィート（5280万m^3）の製品が消費されましたが，前年より4．4%，前々年より11．3%落ち込んでいます。

副産物であるチップからの収入は16億7000万ドルを計上，前年の18億2000万ドルを下回りました。チップの収入により原材料のコストを製材原価の76．8%から49．1%まで引き下げています。

原木のコストはチップぬきで前年より1．9%，チップを入れた場合で4．6%上昇しています。人件費は前年とほぼ変わりません。製品原価に占める人件費の割合は30．7%でコストの中で2番目に大きくなっています。1991年の製材生産性改善によって5．5%増加した時給と利益を相殺しています。

表2　カナダの主要樹種と主な用途

樹種		蓄積量*(百万m³)	分布	用途
針葉樹		18,273		
スプルース（トウヒ）		7,339		
	：ホワイトスプルース		全土	建築材，パルプ
	ブラックスプルース		〃	〃
	レッドスプルース		東部	〃
	エンゲルマンスプルース		西部山間部	〃
	シトカスプルース		西部海岸	建築材，合板，パルプ
	ノルウェースプルース（ドイツトウヒ）		外来種（欧州）	建築材
	ブルースプルース		外来種（米国）	建築材
パイン（マツ）		4,227		
ソフトパイン	：イースタンホワイトパイン（ストローブマツ）		東部	窓枠，ドア，キャビネット
	ウエスタンホワイトパイン		西部	〃
ハードパイン	：レッドパイン		東部	建築材，建具
	ロッジポールパイン		西部	建築材，パルプ
	ジャックパイン		東部～中央部	建築材，パルプ
	スコッチパイン		外来種（欧州）	建築材
ファー（モミ）		2,877		
	：バルサムファー		東部～中央部	建築材，パルプ
	アルペンファー		西部	〃
	パシフィックシルバーファー		西部海岸	建築材，合板
	グランドファー		西部	建築材，パルプ，合板
	ホワイトファー		外来種（米国）	建築材，建具
	レッドファー		〃	〃
ヘムロック（ツガ）		1,298		
	：イースタンヘムロック		東部	建築材，パルプ，枕木
	ウエスタンヘムロック（ベイツガ）		西部	建築材，合板，パルプ，床板，枕木
シーダー		897		
	：ウエスタンレッドシーダー（ベイスギ）		西部	窓枠，ドア
	イースタンホワイトシーダー		東部	柱，杭，屋根板，ボート，カヌー
ダグラスファー（ベイマツ）		715	西部	建築材，合板，ハードボード，パルプ
ラーチ（カラマツ）		108		
	：タマラック		全土	枕木，柱，杭，ボート，合板
	ウエスタンラーチ		西部	建築材，枕木，杭，床板，内装材，パルプ
その他		812		
広葉樹		5,647		
アスペン（ヤマナラシ），コットンウッド（ポプラ）		3,199		
	：トレンブリングアスペン		全土	パルプ，合板
	ラージトゥースアスペン		東部	〃
	バルサムポプラ		全土	合板，パルプ
	ブラックコットンウッド		西部	家具，合板
バーチ（カバ）		1,160		
	：イエローバーチ		東部	家具，建具，床板，合板
	ペーパーバーチ		全土	パルプ，合板
メープル（カエデ）		685		
ハードメープル	：シュガーメープル		東部	家具，床板，合板，樹液からメープルシロップ
	ブラックメープル		〃	〃
ソフトメープル	：シルバーメープル		〃	家具，床板，パルプ
	レッドメープル		〃	家具，合板，枕木，パルプ
その他		603		
アルダー（ハンノキ）	：レッドアルダー		西部海岸	家具
オーク（ナラ）				
ホワイトオーク類	：ホワイトオーク		東部五大湖周辺	家具，床板，樽
	バーオーク		〃	〃
レッドオーク類	：レッドオーク		東部	家具，床板
	ブラックオーク		〃	〃

＊1986年統計値[3)]

このように最近の木材業界は不況で，製材に関しては製材の赤字分をチップの売り上げで埋め合せてなんとかやっていると思われます。

カナダの法律では木を伐ると必ず苗木を植えなくてはなりません（1本につき4本）。このうち約75%が活着，75年程度で伐期を迎えるようです。

林業機械展DEMO'92

4年ごとに開かれる林業機械の展示とデモンストレーションで，今回は西海岸側のB.C.州ケローナで開催されました。標高1300～1600mで比較的急峻地で，敷地面積300haのサイト1（平坦地）とサイト2（急斜面）に87の団体が出展していました[4)]。ここの伐採権はデモ'92の協賛企業が持っていて，立木を用いた実演が可能になっています。

この辺りは生物地理気候上でマウンテンスプルース地帯（おそらく亜高山帯）にあたり，厳しい冬と短い温暖な夏で霜のおそれのない日が年平均29日，降水量640ミリでそのほとんどが雪，地質は花崗岩質と氷れき土です。この辺りにはロッジポールパインや他のマツ，エンゲルマンスプルース，バルサムファー，ダグラスファーやウエスタンレッドシーダーが存在しています。サイト1は湿気が多く，植生も52%がトウヒ，35%がマツであるのに対し，サイト2は84%がマツで11%がトウヒです。ha当たり平均445本で，平均樹高30m，直径34cm，蓄積はha当たり372m3，1本当たり0.86m3となっています。

林業機械について私の専門外で，見るのも聞くのも初めてのものが多く，詳しい説明はできませんので，簡単に紹介します。

比較的平坦なサイト1では伐倒用の機械としてフェラバンチャー（立木を抱え込み，回転するディスクカッターで丸太を伐り，丸太を立てた状態で持ち運ぶことができる），伐倒・支払い・玉切りをこなすハーベスター（立木をつかみ，油圧で出入りするチェーンソーにより丸太を伐る。丸太をつかまえたまま押え部分のタイヤを回転させることで丸太を動かして枝払いし，玉切りする），枝払い・玉切りのプロセッサー（ハーベスターと同じような仕組み），集材にスキッダ（伐倒された丸太をまとめて抱え込み引きずって土場まで運ぶ），枝払いやハイ積みなどに用いるログローダ，グラップルなどによる実際の作業（デモ）を行っていました。他に下草などを刈る作業に用いられるブラッシュカッターや林業機械の他に運搬トラックやタイヤメーカーの展示もありました。

サイト2では急斜面での作業として，FMGティンバージャック社では日本のコマツのクローラータイプのベースマシンにアタッチメントを取り付ける方式で，フェラバンチャーによる伐採，グラップルスキッダによる集材，デリマーでの枝払いと玉切りを行っていました（写真1）。他にティムコ油圧などが斜面にある立木を倒し引き下ろす作業を行っていました。これらの機械は背が高く重そうな機械ですが，意外に速い速度で登り降りが可能であり，運動性能の良さには驚きました。集材方法として他にスカイリード社などによる移動式のタワーヤーダーとしてトラックにポールとウインチを取り付けた機械の実演もありました。

このように機械化が進み集約的に集材し，また人も少なくすることができるため，造材におけるコストを低く押えることが可能と思われます。このため原木価格も低い価格を実現できているのでしょう。

サイト1には次の機械の展示もありました。

〔移動式帯鋸盤（写真2）〕装置に移動用のタイ

写真1傾斜地における造材作業
左手前ストロークデリマ，右フェラバンチャー，
左奥スキッダ

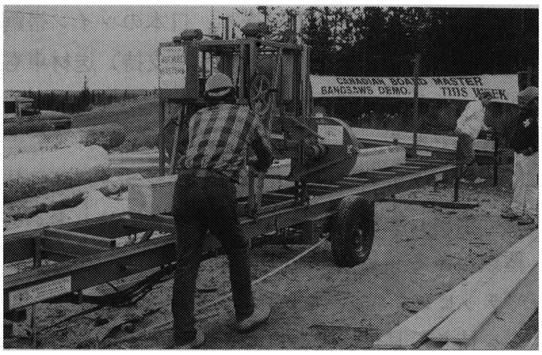

写真 2　移動式帯鋸盤

ヤが付いており，トラックなどで牽引し現場に持ち込む。水平（横）バンド方式。エンジンの回転により鋸車を画転させる。鋸車径は50～100cm程度。材料を固定し鋸を移動させ切削する。鋸の移動は手動によるものとエンジン出力の一部を伝達した自動のものがある。また，木返しなどを油圧で行うものもある。歯型は一般の帯鋸とことなり，振り分けアサリで，専用の目立て機あり。鋸身幅は10cm弱で腰入れ，背盛りなどは施していないようである。これ以前に丸鋸のものがあったが，帯鋸タイプのものは小馬力で燃費も良く歩留まりも高い。

〔ウッドプロセッサー（移動式角材製造機，写真3）〕四つのチッピングヘッドを持ち小径木を角材にする機械で，トラックなどで牽引して運ぶ。2×2インチから6×6インチまで可能で，丸鋸をセットすることもでき，丸太を1回で数枚の板（2×6材3枚）に加工することができる。ディーゼルエンジン駆動である。

〔移動式チッパー（モービルチッパー，写真 4）〕

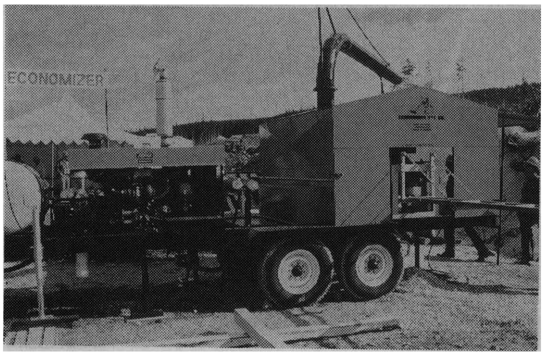

写真 3　ウッドプロセッサー

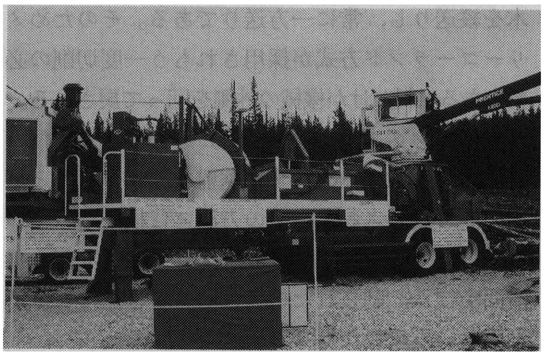

写真 4　移動式チッパー

トラックで運べるチッパーでログローダーとバーカーを備える。ログローダーで原木をつかみ枝を払ってバーカーに送る。バーカーで皮を剥き，続けてチッパーでチップにする。チップは他のトラックに積んで運ばれる。バーカー，チッパーはディーゼルエンジン駆動による。

製材機械

製材機械は日本では馴染みの薄い機械が多いため，カナダの機械メーカーで造られている主な機械の名称と機能を紹介します[5]。

〔ログスキャナー〕日本のものは原木の径と長さを測定し材積計算など原木管理に使われるものが多いが，こちらのものは製材機械と連動して木取りの制御などを行う。

〔最適玉切り装置〕ログスキャナーと丸鋸（あるいはチェーンソー）を連動させた機械で，曲がりと長さで丸太の長さを決定し玉切りする。

〔カメラ走査装置〕ビデオカメラで原木形状による木取りの最適化や生産工程の自動化に利用される画像処理装置。

〔原木最適歩出し装置〕丸太形状から木取りを決定し歩出しを行う。

〔クォードバンドソー（クォード帯鋸盤）〕帯鋸盤4基で構成され，ちょうどツイン帯鋸盤を縦に2列並べたような機械。

〔自動緊張量調整帯鋸盤〕油圧緊張装置で上鋸車の前傾と鋸の緊張量を調節することで挽き曲りなしに高速鋸断を可能にする。

〔シャープチェーン送材車〕1本のチェーンで原

木を縦送りし，常に一方送りである。そのためメリーゴーランド方式が採用されもう一度切削の必要のある材料だけが機械の外側を回って戻される。

〔チッピングスラバーヘッド〕通常の送材車付き帯鋸盤あるいは往復挽き帯鋸盤で原木デッキと鋸との間に設置され，従来の方法で背板となっていた部分をカッターで削り直接チップにしながら平滑面を作る。削られた材料は引き続き鋸により切削され一枚の板が得られる。

〔チッパーキャンター（写真 5，6）〕二つの互いに平行に向い合った切削ヘッドを持ち，スラバーヘッド同様丸太から直接チップを得ながらタイコ材（キャンツ）をつくる。ツイン帯鋸盤と組み合わせたものをキャンターツインと呼ぶ。また，クォードバンドとも組み合わせ可能。送材方法はシャープチェーンによる一方向送り。日本のツイン帯鋸盤と同じエンドドギング（両木口支持）送材車も可能であるが，能率を考えるとシャープチェーンが有利である。

〔ギャングエッジャ〕6枚の丸鋸をサーボ駆動装置で歩出し操作可能となっているものなど多くの種類がある。

〔チッピングエッジャ〕二つの向い合った切削ヘッドを持ち，耳付き板の丸身を削りチップを得る耳摺り用装置。

〔スリーボードエッジャ〕左右と上の三つの切削ヘッドを持ち，背板や耳付き板を処理する。切削パターンは片耳，両耳，上面，3面の4通り。

〔キャンターブル〕チッパーキャンターとギャングソーを組み合わせたもので，タイコ材（キャンツ）をチップと板数枚に加工する機械。

〔振動コンベア〕網目の付いた振動板で搬送の途中で鋸屑を取り除く。

〔エッジャーオプチマイザー（最適耳摺り装置，写真 7）〕横送りされる耳付き板の形状をレーザー光を用いたセンサで測定，コンピューター処理し有効幅を求め機械の歩出しを行う。

〔トリマーオプチマイザー（最適長さ決め装置）〕エッジャーオプチマイザーと同じ方式でギャングトリマーと連動して長さ決めを行う。

この他にチッピングヘッドを四つ持ち，一度に4面切削し丸太を角材にする機械も開発されている。

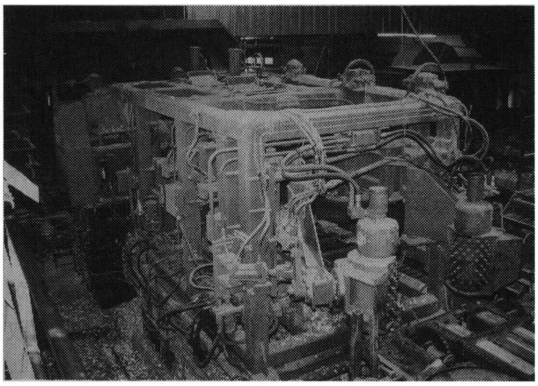

写真 5　チッパーキャンター

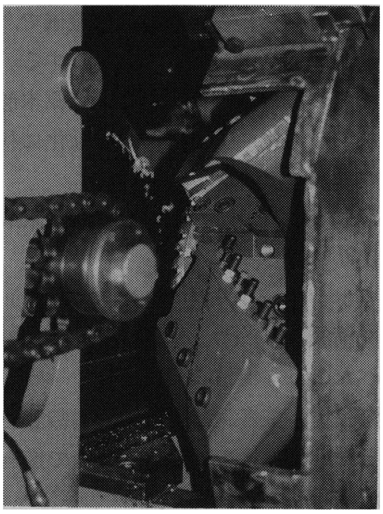

写真 6　チッパーキャンターの切削ヘッド

写真 7　エッジャーオプチマイザー

製材工場

今回見学した5か所の工場のうちカラマツの工場の参考となる小径木の工場と，最先端の機械を導入している大規模工場を紹介します。

◎小規模工場

Lachance et St. Georges社製材工場（ケベック州）は主に針葉樹スプルースの建築材，アスペン材を製材するカナダでは小規模の工場（20年前に設立）です。とはいえ8時間半2交代（2シフト）で生産し，1シフト110㎥の日産製品量にもなります。原木径は20cm程度で歩留りはおよそ40%です。

構成は皮剥き機にリングバーカーとカッタヘッドバーカー各1台，本機はチッパーキャンター付きツイン帯鋸盤（キャンターツイン）と往復挽き帯鋸盤の2系列となっています。キャンターツインはシャープチェーンによる一方向送りで，タイコ材はメリーゴーランド方式で再びデッキに戻されます。小割り機は耳摺り専用としてチッピングエッジャが1台だけです。ラインはコンパクトにまとめられている反面，機械の発生する熱でかなり暑い印象を受けました。

横切りのラインはほとんどのディメンションランバーの工場で採用されているグリーンチェーン方式で，材料を横送りするチェーンコンベアの送り方向と平行に丸鋸が両側に置かれています。これらの鋸は送り方向に対して少しずれており，最初の作業者が丸身や腐れなどの部分を手前（コンベアの外側）に引き出しておくと，コンベアが移動し一つ目の丸鋸で鋸断されるようになっています。次に反対側の木口を向い側の作業者に寄せるために設けられた縦送りローラーでコンベアの端のストッパーまで動かされ，そしてその作業者は長さの規格ごとに設けられたストッパーに先に鋸断した木口を合わせます（写真 8）。この状態で2番目の丸鋸に送り込むことで規格にあった製品ができあがる仕組みです。

◎大規模工場

大規模な工場としてNorthwood Pulp & Timber社（B. C. 州）のUpper Frazer製材工場を見学しました。ノースウッド社はここの他に製材工場三つ，合板工場，パルプ工場，造林部門を持つ大手の会社です。

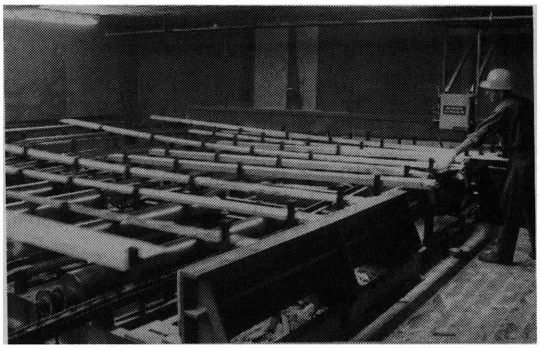

写真 8　横切りライン

この工場は2×4用部材を製材する大規模工場で1950年に建設され，原木はスプルース，ロッジポールパイン，ダグラスファーなどで，伐採権を国あるいは州から入札で買い，周囲160kmからハイウェイで集材し，造材を含めて原木価格は95ドル／千ボードフィート（約4500円／㎥）程度です。当工場の従業員数は230人で，製材に関する作業者は22人ですが，自動化機械のメンテナンスのために27人を配置しています。8時間（実働460分）の2交代（2シフト）制で日産平均910万ボードフィート（2140㎥，1シフト1070㎥）をこなします。製品価格は人工乾燥後プレーナー仕上げ材で㎥当たり2万円台，年間の売り上げはおよそ150億円，利益は15%程度。販路は国内とアメリカ，わずかですが日本とイギリスにも輸出していて，JAS認定工場にもなっており，北海道の2×4住宅メーカーでもここの製品を輸入しているところもあります。

1990年に改装した際にオプチマイザーを導入しています。この時丸鋸のアサリ幅6. 2mmから3. 6mmと小さくしたことで，歩留りが向上しています。ちなみに本機で使用する鋸のアサリ幅は4. 5mm程度です。

剥皮（はく）にはリングバーカー2台，本機にチッパーキャンター付きクォードバンド（シャープチェーン送り）とスラバーヘッド付き往復挽き帯鋸盤の2系統で，小割りにはキャンツを処理するギャン

グリッパーが2台と，耳摺り機であるオプチマイザー（最適耳摺り装置）付きエッジャー3台で構成されており，材料は工場内を縦横に行き来していました。横切りはグリーンチェーン方式を採用しています。横切りされた製品はソーターで寸法ごとに仕分けされます。歩留りはこの段階で50%程度と思われます。

エッジャーオプチマイザーは横移動される耳付き板の有効幅をレーザー光を用いたセンサでリアルタイムに測定しその幅で鋸断を行います。その他の機械でもセンサ制御を行っていて，空転時間が短くなっています。

95%が乾燥材（KD材）として出荷されています。乾燥方法は製材時に出た鋸屑をボイラーで燃やし，その熱で油を熱し乾燥窯を循環させる熱交換方式を採用しています。

乾燥材はプレーナーがけされ等級が付けられます。ここでは日本の工場でもこれから進めなければならない製品整理の自動化も実用化し作動していました。等級付け自体はこれまでと同様に人が目視によって行うのですが，その等級と鋸断位置を蛍光色の木材チョークで材面に記入することがポイントです。そこの部分をカメラで撮影し画像処理で読み取ります（写真 9）。それによりそれらの情報を短時間にコンピューターに入力することを可能にしています。そしてギャングトリマで長さを決め，その等級と寸法のスタンプを押し，材種ごとに仕分けるという一連の作業を自動化しています。また次の機械も梱包と紙の包装を含め1台の機械で1シフト125バンドルを処理します。

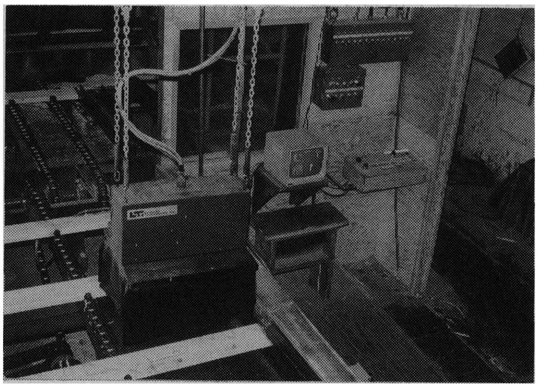

写真 9　製品管理の自動化
画像処理による記入データの読み取り

最後に

チッパーキャンターやスラバーヘッドなど材料を直接チップに削りながら平滑な面を作る方式が主流となっています。一度鋸で切った背坂などの不要の部分をチッパーに投入するこれまでの方式では二度手間と言えます。これらの装置は鋸と組み合わされて使用されており，一度の切削で平行な二平面を持つ板が得られます（組み合わせる機械により得られる枚数は異なる）。その意味でこの方法の利点はその二度手間を解消できることです。また鋸を通すことがないため鋸屑にしていた部分もチップにすることができ，チップの量を増やすことにもなります。この方式はカナダに限ったことではなく，ディメンションランバーの製材での常識になりつつあります。しかし，日本の在来工法用の製材の場合，小断面で短尺のものも使われるため，背板を直接チップにするようでは歩留まりが下がってしまい，その面では日本ですぐに受け入れられる方式ではないかもしれません。

他にも合理的な製材を行う方法として本機の鋸の空転時間を少なくするため，シャープチェーン送材による一方送りや，往復挽きを採用しています。これらの本機はキャンツの厚さを決める程度で，次々と原木を処理します。本機からでた材料はギャングリッパーやエッジャーなどの丸鋸でまとめて小割りを行います。このようにディメンションランバーは合理的な製材が可能なのです。

今回見学した中で前述の小規模工場は北海道におけるカラマツ工場のモデルとして参考になると思われます。現在日本において2×4工法用の材料は輸入に頼っています。これは需要量が少なくコストの面で外材に対抗できないことによります。2×4工法の住宅は新設住宅戸数に占める割合は2．9%程度ですが，年々着実に増加しています。将来熟練した大工の減少が危惧され，それに伴い在来工法による住宅の供給が減ることが予想されます。これに対し熟練技術を要せず，またパネル

化することが可能な2×4住宅が増加することは必至とみられます。ここで浮かび上がるのがカラマツの存在です。在来工法で（大工さんに）受け入れられないカラマツも，2×4材にしてパネル化してしまえば特に問題はないと思われます。むしろエゾマツ・トドマツより強度の面では優れており，設計に有利なのです。ただし，2×4材の製材を成功させるには外材に対抗できる価格に押える必要があり，そのためにもコストダウンに向けた能率向上による大量生産が近道となります。これには前述の小規模工場を参考にした製材方法が最適と考えられます。カラマツの場合，手間を掛けて副製品にするよりも製材時にチップにする方がコストの面で有利と考えられます。また，2×4材はプレーナー（モルダー）仕上げされるため製材時の挽き肌を重視する必要もなく，一般建築材の送り速度より速くすることができます。

今後，米材が自然保護問題から原木供給不足に陥り製材価格が上昇する可能性もあり，そうなればカラマツの2×4材が外材に対抗できるかもしれません（ただしニュージーランドやチリのラジアータパインとなると話は別ですが）。

最後にこの場をお借りしてこのような機会を与えていただいた三津橋産業株式会社社長に感謝の意を表します。

参考資料

1）Price Waterhouse: The Forest Industry in Canada (1991)
2）R. C. Hosie: Native Trees of Canada 8版 (1990)
3）宮島寛：ウッディエイジ 40巻，3号（1992）
4）DEMO'92 OFFICIAL GUIDE
5）在日カナダ大使館：カナダ製材機械技術セミナー資料（1992）

（林産試験場　製材科）

技術のおたずねにこたえて

〔おたずね〕

開発局や土木現業所などの外構工事用材としてトドマツ丸太を納入していますが，その際，強度的データを求められます。他の樹種の数値とも比較できるようなトドマツ材の強度数値を教えてください。

（S町，Y生）

〔おこたえ〕

木材の強度数値としては，建築基準法施行令・第95条に木材の材料強度が規定されています。一般的にはこの数値を用いればよいと思います。それを表に示します。

なお，具体的な使用状況（力の加わり方やその大きさなど）がわかれば，それに応じてどのような寸法の材料を使用すればよいかを計算で求めることもできます。

また，開発局や土木現業所などから個別工事に使用する材料の強度数値を求められる場合には，使用材料の中から抜き取った試験体を実際に試験する必要がでてきます。

使用条件に応じた計算や，試験体の強度試験は林産試験場で行うことができますが，その際，設計手数料，試験手数料などが必要になります。くわしくは，普及課普及係におたずねください。

表　木材の繊維方向の材料強度

（建築基準法施行令・第95条）

種類		材料強度（kgf／cm²）			
		圧縮	引張り	曲げ	せん断
針葉樹	アカマツ，クロマツおよびベイマツ	225	180	285	24
	カラマツ，ヒバ，ヒノキおよびベイヒ	210	165	270	21
	ツガおよびベイツガ	195	150	255	21
	モミ，エゾマツ．トドマツ，ベニマツ，スギ．ベイスギおよびスプルース	180	135	225	18
広葉樹	カシ	270	240	390	42
	クリ，ナラ，ブナおよびケヤキ	210	180	300	30

（林産試験場　材料性能科）