

最近の木質ボードの動向から見た 間伐木利用の可能性(1)

堀江 秀夫

はじめに

現在、木質系材料の工業製品化が進んでおり、その製品はエンジニアリングウッドと呼ばれています。このエンジニアリングウッドの主体は、単板またはパーティクルを原料とする板材料および軸材料です。そして、これら再構成材料の生産状況に大きな変化が世界的に起きています。その変化とは、原料の選択範囲が狭く製造工程の完全自動化が困難な合板に代って、性能の改善とともに、材料選択の範囲が広く装置産業化の容易な木質ボード類が優位になってきていることです。また、最近のボード製造技術は、平面的な「板材料」の開発にとどまらず「軸材料」の開発にも向かっています(表1,2)。

一方、21世紀の北海道の林業を考える上で、人工造林木の利用、特に間伐木対策は避けては通れない課題であり、間伐木を原料としたエンジニアリングウッドの開発が望まれています。そのためには、世界のボード事情を概観し、北海道の木材資源に適した製品開発の展望を持つ必要があります。

今回は、世界および日本の木質ボード、木材資源事情について、文献を引用するかたちで整理しました。引用文献は、文末に一括して掲載しています。

エンジニアリングウッドとは何か

エンジニアリングウッドとは、性能のバラツキが少なく強度性能が保証された、信頼性の高い木材、木質製品を指します。ここでは世界に流通し

ており、注目を集めている製品を紹介します。

【GLULAM Glue Laminated Lumber 集成材】

MSR材(Machine Stress Rated Timber 機械的等級区分材)をラミナとして集成材を製造すれば、ラミナのヤング係数と許容応力度から集成材の曲げ剛性や耐力が計算できる。合理的なラミナ配置と縦継ぎラミナ(節などの欠点を除去できる)の採用により、長大で強度信頼性の高い材料ができる。世界中で古くから生産されているエンジニアリングウッドの代表である。

【LVL Laminated Veneer Lumber 単板積層材】

北海道では内装材や家具材として使われている。北米での主な用途はダグラスファーまたはサザンパインを原料とした構造材料である。日本では昨年4月に構造用単板積層材の許容応力度が制定された。単板をラミナにしているため集成材と同様に欠点が分散しており、強度信頼性が高い材料である。

北米の主要製造メーカーは現在5社あり、先発メーカーであるトラスジョイストインターナショナル社(商品名 MICRO=RAM マイクロラム)では生産量が10年間に約5倍近く伸び、34ラインのプレス稼働している。マイクロラムの製造工程は、購入単板(2'×8', 厚さ3mm)を乾燥後、視覚および機械的方法で表層単板と内層単板に選別し、フローコーターでフェノール樹脂接着剤を塗布する。その後単板は、間欠運動するキャタピラ式連続プレスと連動して1フィート

ごとにラップジョイントを形成しながら仕組まれる。連続プレスは12mの長さをもち、油圧で製品厚さを制御する。標準の積層数は16枚であり、厚さ1・1/2インチのマイクロラムの熱圧に20分を要する。

【PSL Parallel Strand Lumber, OSL Oriented Strand Lumber 配向性パーティクル製材】

パーティクルボードから発展した材料である。極端に長い薄片(ストランド)を用いて、機械的に一方向に配向させて非常に厚いボードを製造すると、製材品相当の強度とヤング係数を持ちバラツキの少ない構造材が得られる。この種の材料をPSL、あるいはOSLと呼ぶ。

マクミランプロードル社(カナダ)のParallam(パララム)は、ダグラスファーまたはサザンパインの乾燥単板(2'×8', 厚さ3mm)を幅方向1~2"に切断して短冊状のストリップとし、欠点を除去した後、長さ600mm以上のストランドにフェノール樹脂接着剤を塗布または浸せきする。単板の縦継ぎ部が重なって出現しないように空間的に分散させながら仕組み、高周波加熱を併用した連続プレスで熱圧する。

これに類したものとして、最近PSL300が開発された。これは、アスペン(ヤナギ科)を原料とし、それから非常に厚さが薄くて長さが300mmのストランドを作製し、それにMDIポリウレタン樹脂を添加し大型蒸気噴射プレスによって熱圧成型する。製品の大きさは2.4×10.66m、厚さは25~140mmで、木製の窓枠や住宅建築用として利用される。

スクリンバー・インターナショナル(オーストラリア)のScrimber(スクリンバー)は、ラジアータパインの小径材を原料とし、剥皮しない丸太をローラーでつぶしノシイカ状のスクリム・マットを作る。これにフェノール樹脂接着剤を塗布し、高周波プレスで熱圧する。これに類するボードには、日本で開発されたゼファーウッドがあり、製材時の背板をつぶしてノシイカ状のゼファー・マットを作り、これを配向・接着して構造用合板の代替品を目指したものである。

また、北米では家具用としてESL(Engineered Strand Lumber)が製造されている。これは、家具用のオーク材やメープル材の代替品として開発され、強度性能はそれらの70%程度で家具用に限定されている。原料はアスペンが主体で、厚み0.2mm、幅3mm、長さ8~12mmのフレークを配向し、内層にはイソシアネート系接着剤を、表層にはフェノール樹脂接着剤を用いている。

【WB Wafer Board ウェハーボード】

アメリカとカナダの国境地帯に東西に帯状に分布し、膨大な量があり更新の簡単な低密度材のアスペンの小中径材を原料とする。長さ30mm以上、厚さ0.3~0.8mmの方形の薄片(ウェハー)を接着成型したボードで、一般にフェノール樹脂粉末接着剤が使用され、構造用合板の代替品として利用されている。ウェハーは大型であるため総表面積が少なく、通常のパーティクルボードに比べ接着剤添加率が少ない特徴を持つ。ただし、合板に比べ吸水厚さ膨張が大きい欠点がある。

【OSB Oriented Strand Board 配向性パーティクルボード】

WBの改良型ボードで、長さ数cmの細長い薄片(ストランド)を、表層と内層が直交するように機械的に配向して接着成型したボードである。力学的な性能はWBよりもさらに合板に近づき、構造用合板の代替品として利用されている。ただし、WBと同様に吸水厚さ膨張が大きい欠点がある。

一方、WBにおいても配向するものもあり、WBとOSBの区別がつき難くなっているのが現状である。

【MDF Medium Density Fiberboard 中比重ファイバーボード】

パーティクルボードに似た中程度の比重(0.50~0.70)を持つ厚物ボードである。この特徴は、加圧型ダブルディスクリファイナーを用い、からみ合いの良いファイバーの製造とマットの成型を乾式でできることにあり、パーティクルボード以上に幅広い原料(単板屑、製材チップ、プレーナー屑)が使用できる。

材質は、合板やパーティクルボードと比べて高密度で方向性がない。表面および木口面が平滑で加工性に富み、印刷適正も良いため、家具・建具材料を中心に利用が進んでいる。特にわが国では、成長著しいボードである。

【Fiber Composite複合繊維材料】

キャンフォー社（アメリカ）で開発されたウッドマットは、木質ファイバー、樹脂、織物長繊維から成る複合材料で、ユーザーの要求に応じてロールあるいはカットサイズとなっていて、自動車産業で立体成型品のドアトリムなどに利用されている。織物繊維は付加的な強度を与え、深絞りやシャープなコーナをもった成型を可能にしている。

【Composite Panel複合板】

米国合板協会（APA）の商品名Com - Ply（コンプライ）は、表層が単板で内層にパーティクルボード、表層がパーティクルボードまたはファイバーボードで内層に単板の3層構造（5層構造もある）の材料である。これは構造用合板の代替品として開発された最初の製品であったが、コストおよび性能が不十分な面があり、次第にWB、OSBへ代られるようになった。

トライボードマーケティング社（ニュージーランド）の商品名Triboard（トライボード）は、ラジアータパインを原料とし、表層がMDFで内層はストランドボードの3層構造の材料で、蒸気噴射プレスによる同時一体成型が特徴である。ストランドボードである内層はボードに強さと寸法安定性を与え、表層MDFの平滑な表面は二次的

機械加工・塗装・接着を容易にする。

【Composite Beam複合梁】

LVL、MSR材、集成材を上下の弦材とし、合板、OSB、WB、金属パイプなどを腹材とした型梁・箱型梁・ラチス梁がある。特に、トラスジョイントインターナショナル社（アメリカ）の型梁（商品名 TJI弦材にマイクロラム、腹材に合板またはOSBを使用）が有名である。

また、MSR材を使用しメタルプレートで接合したトラスは、屋根用や床梁用に広く普及している。

一方、木質 - 木質複合系、木質 - 異種材料複合系に関する開発研究も盛んに行われており、その中から興味あるものを紹介します。

【木質 - 非木質複合材料】

アスペンを含む色々な樹種の木材、低品質木材、木材廃材や故紙などの木質とその他のバイオマス、金属、ガラスや合成繊維など異種材料と複合させた材料で、現在、各地で開発研究およびその性能試験が行われている。これらの新しい複合材料は、高コストな材料に対する低コストな代替品として、あるいは特別な性能を要求する応用面で市場に出てくるものとみられる。これらの性能は木材あるいは非木質単独の性能よりも優っており、耐生物劣化 音響的性質、衝撃性や熱変形性などを改善した軽量化材料が目標である。

わが国で実用化されている例として、リサイクル

表1 新しい生産技術・機械装置 (木材工業, 47(11)P 522)

用途	エンジニアリング ウッド製品群	構成要素	生産プロセス				
			原料調整・乾燥→接着剤塗布→仕組・成型→圧縮				
構造用 軸材	MSR材 集成材 LVL PSL, OSL	製材 ラミナ 単板 (スティック, ストランド) (ウェハー, ストランド)	〔乾燥・含浸技術〕 〔外周駆動レース〕 ウェハーライザー	〔縦つぎ〕 〔強度保証〕	〔エキストルーダ型〕 自動塗布装置 接着剤の開発 ・低ホルマリン化 ・イソシアネート系 樹脂 ・各種変性・ 共縮合系樹脂	〔PBDM〕 〔自動仕組装置〕 〔ディスク型〕 配向装置	〔連続プレス〕 ・キータピラ型 ・スチールベルト型 電磁波加熱方式 ・高周波加熱 ・マイクロ波加熱 蒸気噴射プレス ・蒸気噴射式 連続プレス
構造用 面材 ↓ 二次加工用	WB, OSB パーティクルボード MDF	(ウェハー, ストランド) パーティクル ファイバー					

プロセス制御技術

表2 世界の木質ボード工場

地区(国名)	(木材工業42(12)P594)					
	パーティクル ボード	MDF	OSB, WB	合単板	その他	計
西ヨーロッパ (西ドイツ)	24 3	5 2	2	15 3	10 1	56 9
東ヨーロッパ (ソ連)	28 24	1	1	9 5	12 11	51 41
北米 (カナダ)	8 3	11 2	19 3	8 2	4	50 10
(アメリカ)	5	9	16	6	4	40
ラテンアメリカ	4	1		5		10
アジア (中国)	28 15	12 5	1 1	6 2	3 1	50 24
オセアニア	3	2			1	6
アフリカ	3			3		6
合計	98	32	23	46	30	229

ルされたプラスチックと木粉を押し出し(Extrusion)成型した製品がある。

【波形の構造用パネル】

OSBやWBの製造とほぼ同じ方法で波形の成型パネルとするもので、スパンの長い床、構造的な壁や屋根、コンクリート型枠などの用途がある。シートを圧縮する前のルーズなストランドのマットの形成に特徴があり、カナダ・アルバータ州ARCとアメリカ・ミシガン工科大学で特殊な成型技術が開発されている。また比強度や剛性の高い成型ストランドボード(Moulded Strand Board)などの開発研究が進んでいる。アメリカ・マジソン林産研究所ではスペースボード(P15内外の話題に紹介)が研究され、軽量であるが三次元的な構造を有するために強度が高く、コンテナや壁面あるいは床材料としての用途を目的としている。

【ストレススキンパネル】

OSBの原板サイズが大きいことを利用し、2枚のOSBの間に1枚の発泡層をもったジャンボ・フォームコアパネルの開発が進んでいる。このパネルは、間柱をなくし予め工場を組み立てられた部材であるので住宅構造を単純化でき、断熱効果が大い。さらに、パネルが大きいため施工期間が短縮できることに特徴がある。

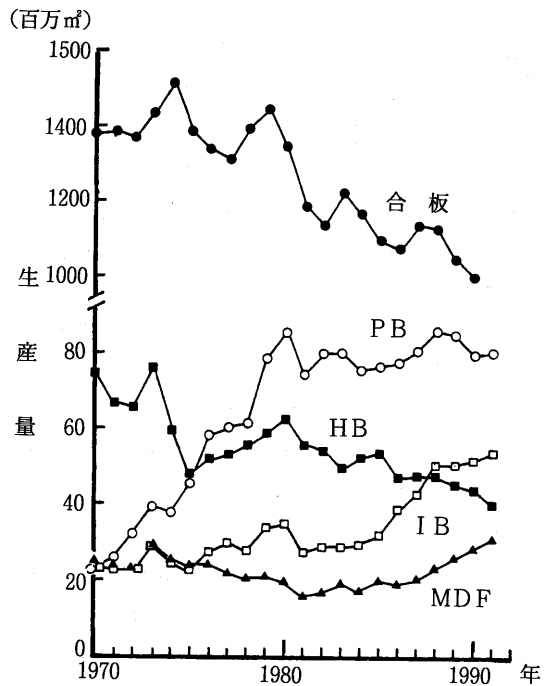


図1 木質パネル類の生産量の推移 (木材工業 47(11)P557)

わが国の情勢

いままでの世界のボード技術の動向を念頭において、わが国の状況を概観してみましょう。

図1は、過去20年間の合板、パーティクルボード(PB)、ハードボード(HB)、中比重ファイバーボード(MDF)、インシュレーションボード(IB)の生産量の推移を示しています。南洋材産地国の資源事情の変化および工業化指向を背景として、原木丸太の輸出禁止措置が強化されたため、合板生産量は低下の傾向を示しており、1990年のその生産量は20年前に比べると約30%減少しています。そして、工場数は約半分となっています。これに対して原料の選択範囲が広く、合板工業に比べると装置産業化や省力化が進んでいるPBの生産量は3.5倍となっています。

1989年における世界の木質系パネルの生産割合は、PBが42%、合板が40%です。これに対して日本では、合板75%、PB12%、ファイバーボード(FB)10%であり、依然として合板の占める割合が大きい状態にあります。ヨーロッパ諸国では、木質系パネルに占める木質ボード類の生産割

合板は極めて高い(PB:74%,FB:12%,合板:9%)のですが、北米や日本でも徐々にヨーロッパタイプに移行して行くものとみられます。また、窯業系木質ボードとしては、木毛セメント板、木片セメント板、パルプセメント板などがあります。木毛セメント板とパルプセメント板の生産量は、この15年間で約1/3に低下しているのに対して、木片セメント板、特に硬質木片セメント板の生産量は約8倍となっており、外装材としての用途が広がっています。

消費量の面からみると、1989年の日本の木質系パネルの消費量は1,250万m²で世界の第3位に位置しています。この内、合板は実に81%を占め、PBが10%,FBが9%です。

木質パネル類の輸入量の過去20年間の動向を図2に示します。1987年頃から合板の輸入量が大きく増加する傾向を示し、1990年の合板輸入量は41,200万m²です。また、その他の木質系ボード類の輸入量も年々増加する傾向にあり、1991年におけるPBの輸入量は13万m³,MDFは9.4万tonとなっています。最近では日本の商社や木質系ボードメーカーなどが海外において地元の企業と合併で生産工場を建設する傾向にあり、製品を日本に輸出する傾向がますます強くなるものとみられます。

一方、南洋材産地国の工業化傾向を背景として製品の輸出促進が強化されており、特にインドネ

シアでは丸太での輸出を禁止するとともに、製品輸出の促進を図り、現在では世界最大の合板輸出国になっています。わが国の1990年の合板輸入量の約98%がインドネシア産で、5年間で約10倍に急増しています。最近では、わが国の合板供給量の約3割を輸入品が占めるに至り、合板需給関係に大きな影響を与えています。

これらの状況から、板材料の主体が合板からPBやMDFあるいは輸入品のOSBやWBに移行する傾向が強くなるものとみられます。

木材資源国の情勢

【アメリカ、カナダ】

1989年の北米の木質パネル類生産量は約4,100万m³で、その生産割合は合板が54%,PBが31%,FBが14%であり、この傾向は日本の場合と類似しています。しかし、過去10年間の動きをみても、針葉樹合板の大幅な増加は難しく、さらにマダラフクロウ問題に代表されるような環境保護運動なども影響して、合板用の針葉樹原木の供給が将来一層困難になるものと予想されます。

北米におけるWB,OSBの生産量の推移を図3に示します。1970年代後半に米国北西部での木質資源の価格が高騰し、さらに輸送コストの上昇が引金となり、米国東部での蓄積量が豊富で再生産が容易であるアスペンを有効に利用することを目標にしたFBやOSBの開発研究が活発に行われ、工場が建設されました。最初のOSB工場が建設されて以来工場数は着実に増加し、1989年の北米でのOSB,WBの生産量は約68,900万m²,工場数は44工場に達しています。1989年の北米全体の構造用パネル(合板+OSB,WB)の消費量は約279,000万m²で、その内OSB,WBは約55,800万m²となり、そのシェアが20%に達したと推定されています。前述した合板の情勢あるいはOSBの品質改善努力などにより、より完全な合板代替製品としてOSB市場は今後さらに拡大し、そのシェアも25~30%になるものと予測されています。

北米における構造用パネル全体の用途は、住宅

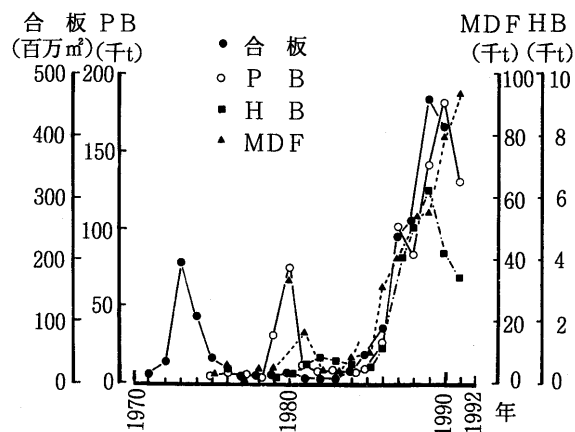


図2 木質パネル類の輸入量の推移
(木材工業 47(11)P557)

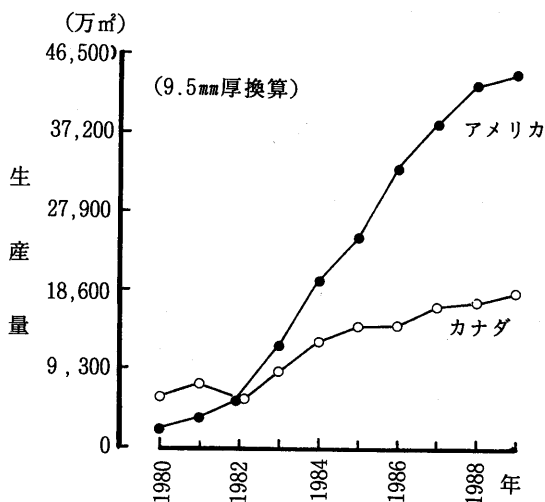


図3 北米におけるOSB, WBの生産量推移
(木材工業 47(11) P558)

用が圧倒的に多く68%を占め、非住宅建設用17%、一般産業(家具、梱包)用1.5%となっています。その中でOSBは主として住宅の野地板や床下地用とみられ、さらに市場を拡大しようとする活発な企業努力がなされているのも大きな特徴です。

北米には構造用パネルのJAS認定工場が数工場ありますが、通関統計によると、1990年に日本に輸入されたOSBやWBの量は2万m³程度と概算されています。このようにその量はまだ極めて少ないのですが、輸入量は増加する傾向にあります。当初、これらのボードは梱包用として用いられることが多かったのですが、今後は住宅用建材としての需要が増すものとみられます。

【ニュージーランド】

ニュージーランドの国土は日本の約3/4で、森林面積は国土の約27%です。この国の全植林面積の約8割はラジアータパインで、この樹種の成長は日本のスギの2倍以上です。1970年代後半から本格的に植林されたnew crop材(品種改良と育林技術により広年輪幅にもかかわらず高比重なラジアータパインの森林)は2005年以降に大量に出材され、130万haの造林地から毎年3,000万m³の素材が生産される予定です。国内消費量は600万m³程度なので、生産量の8割を素材と製品で輸出

する計画です。また、ニュージーランド政府は林業の民営化を目指して1990年に全植林地の経営権を売却し、再植林を行えば企業が永久的に賃貸できるようになりました。これにより、ジューケン・ニッシュウ・リミテッド(住建産業と日商岩井の合併会社)が5万haの森林の経営権を取得し、一昨年2月からトライウッド工場を、昨年2月からはLVL・製材・集成材の工場を稼働させています。製品は日本に輸出し、関連工場で二次製品に加工し販売しています。

【ロシア】

1990年6月には横路知事を団長に経済代表団が旧ソ連を訪ね、北海道とロシア連邦共和国との間で経済交流プログラムの作成が合意されましたが、ロシアには外貨が極端に不足しているため、対価を魚や木材などで支払うバーター貿易が中心とならざるを得ない状況です。例えば、ロシアが食料危機打開のため本道の農産物を輸入し、対価は木材で、ということも考えられます。

また、ロシアの北洋丸太はパルプ材を主体に本道に輸出され、ロシア側の貴重な外貨獲得手段になっています。したがって、今後は外国資本を極東地域に受け入れて合併企業(製材工場など)を作り、そこで作られる製材品などを日本へ輸出する指向が強まることが予想されます。

北海道のボード原料の見通し

平成2年度の北海道林業統計によれば、北海道の森林は面積で約560万ha、蓄積で56,776万m³を有しています。このうち人工林は面積が151万haで27%、蓄積は12,498万m³で22%を占めています。

この人工林面積の97%が針葉樹で、その構成はトドマツ79万ha(54%)、カラマツ47万ha(32%)、エゾマツ13万ha(9%)、スギ3万ha(2%)、その他4万ha(3%)になっており、トドマツとカラマツの2樹種で全体の86%になります。

一方、針葉樹人工林の蓄積は11,706万m³で、針葉樹蓄積量全体の45%になります。このうちカラマツが60%(7,084万m³)を占めています。表3にトドマツ人工林の年齢別、所有別の面積を示し

ました。齡級構成では3~6齡級の面積比率が高く、全体の68%になりますが、特に4~5齡級は各々20%程度になっています。所有別では平均的に国有林が多く、各々の齡級で約60%前後を占めています。全体的にトドマツの造林面積の減少がうかがえますが、1~2齡級の若齡級では民有林の比率が高くなっているのがわかります。

トドマツ人工林間伐の手引によれば、トドマツ人工林の主伐期齡を80年とすれば、施業方法にもよりますが、上層高12~15m程度で初期間伐が入ることになります。林齡で25~30年になりますから、5~6齡級で初期間伐ということが考えられます。トドマツ人工林は国有林が多いことから、計画的間伐が進むと判断すれば、先述の齡級分布からも推測できるように、今後トドマツ間伐木の出材増加が予想されます。ただし、これら間伐木は平均胸高直径で15cm程度のものであり、一般用材としての利用は困難と言えます。一般用材として利用可能な24cm以上の径級のもので出材される

表3 トドマツ人工林齡級別・所有別面積

単位：上段 ha. 下段 %

齡級	所有	国有林	道有林	民有林	計	齡級比率 (%)
1	15,150	15,150	1,267	16,239	32,656	4.1
	46.4	46.4	3.9	49.7	100	
2	44,574	44,574	4,604	33,981	83,159	10.5
	53.6	53.6	5.5	40.9	100	
3	64,394	64,394	11,829	43,393	119,616	15.1
	53.8	53.8	9.9	36.3	100	
4	88,026	88,026	16,934	47,515	152,475	19.2
	57.7	57.7	11.1	31.2	100	
5	97,171	97,171	18,918	35,567	151,658	19.1
	64.1	64.1	12.5	23.4	100	
6	73,834	73,834	15,290	27,049	116,173	14.6
	63.6	63.6	13.1	23.3	100	
7	52,720	52,720	11,209	18,543	82,472	10.4
	63.9	63.9	13.6	22.5	100	
8	17,794	17,794	3,439	6,691	27,924	3.5
	63.7	63.7	12.3	24.0	100	
9	3,393	3,393	521	1,480	5,394	0.7
	62.9	62.9	9.7	27.4	100	
10	3,512	3,512	693	1,554	5,759	0.7
	61.0	61.0	12.0	27.0	100	
11上	10,148	10,148	4,475	2,326	16,949	2.1
	59.9	59.9	26.4	13.7	100	
計	470,716	470,716	89,179	234,340	794,235	100
	59.3	59.3	11.2	29.5	100	

表4 針葉樹人工林の伐採量の推移

単位：千m³

年度	区分	主伐	間伐	計	カラマツ 構成比%
61	カラマツ	583	969	1,552	68.1
	トドマツ他	332	394	726	
62	カラマツ	498	998	1,496	74.8
	トドマツ他	117	388	505	
63	カラマツ	565	1,062	1,627	73.8
	トドマツ他	119	460	579	
平1	カラマツ	578	938	1,516	72.7
	トドマツ他	98	472	570	
平2	カラマツ	543	841	1,384	68.1
	トドマツ他	131	516	647	

のは、10齡級以上ということになりそうです。当面の出材は胸高直径15cm下の小径・間伐木が中心になりますので、これら小径・間伐木の利用が問題になると考えられます。

このように表3から間伐の必要な面積は分かりませんが、具体的な間伐木の出材量の予測は難しいため、この数年の伐採実績をみてみます。表4に針葉樹人工林の伐採量の推移を示しました。カラマツの伐採量が全体の約70%でトドマツその他はほぼ30%です。なお、この伐採量は針葉樹伐採量の約50%にあたります。この表から、針葉樹の間伐木は150万m³程度は確実に見込めるものと思われます。北米のアスペンのような大量かつ天然更新可能な広葉樹がない本道においては、この数値が本道におけるボード原料の目安と判断されま

おわりに

最近の木質ボードの情勢をまとめると、次のようになります。

世界的にボードの主体は、良質な原料を必要とする合板から原料の選択範囲の広いWB、OSB、MDFへ移行しています。

ボード原料は大量かつ安定した出材が可能な広葉樹(アスペン)および人工林木(ラジア

タパインなど)を用い、製造装置は自動化・大量生産化、品質の安定化されたものとなりつつあります。

こうしてできたボードは信頼性の高いエンジニアリングウッドとなり、アメリカ・カナダ・ニュージーランドなどの国々は自国の国際戦略商品として、現在先進国中で1億人以上の市場に恵まれている日本(ほかにアメリカのみ)へ輸出攻勢をかけています。

このような情勢のなかで、本道でのボード産業をどのように展開させていくか、どのような可能性が考えられるかを、次回で検討いたします。

引用文献

1) 川井秀一, 徳田迪夫, 梶田 熙: 木材工業,

47巻, 11号(1992)

2) 日本木材加工技術協会関西支部: 同上 47巻, 7号(1992)

3) 日本木材加工技術協会関西支部: 同上, 45巻, 7号(1990)

4) 川井秀一: 同上 45巻, 3号(1990)

5) 岩下 睦: 同上 42巻, 12号(1987)

6) 岩橋秀高: 同上, 40巻, 5号(1985)

7) 宮島 寛: ウッディエイジ, 39巻, 3号(1991)

8) 猪飼秀一: 同上 38巻, 10号(1990)

9) 松本 章: 同上 29巻, 8号(1981)

10) 北海道林業改良普及協会: トドマツ人工林間伐の手引(1988)

(林産試験場 成形科)