

押し出し成型パーティクルボードの 製造に関する研究

松 本 章 穴 沢 忠
西 川 介 二 布 村 昭 夫[†]

目 次

1. 緒 言	72
2. 押し出し成型プロセスの特徴と既往の研究	73
3. 押し出し成型プレスの設計	74
3.1 原料供給方法	75
3.2 熱盤の長さ及び構造	76
3.3 押し出し成型プレスの仕様と性能	79
3.3.1 仕様	79
3.3.2 性能	80
3.4 一定比重のボードを製造するための運転条件	82
4. 製造条件とボード材質	84
4.1 予備試験	84
4.1.1 試験方法	84
4.1.2 結果と考察	84
4.2 押し出し成型パーティクルボードの基礎的性質	85
4.2.1 原料の調製と製造条件	85
4.2.2 厚さ方向の比重パターン	86
4.2.2.1 試験方法	86
4.2.2.2 結果と考察	86
4.2.3 荷重方向と曲げ性能	87
4.2.3.1 試験方法	87
4.2.3.2 結果と考察	87
4.2.4 押し出し成型パーティクルボードの異方性改善	88
4.2.4.1 試験方法	89
4.2.4.2 結果と考察	89
4.3 40mm厚ボードの材質	89
4.3.1 40mm厚ボードの製造条件	90
4.3.2 材質試験方法	90
4.3.3 結果と考察	90
4.3.3.1 曲げ性能	90
4.3.3.2 はくり強さ	93

[†] 北海道東海大学芸術工学部 (前 林産試験場林産化学部長)

4.3.3.3	圧縮性能	94
4.3.3.4	吸水性能	96
4.4	20mm厚ボードの材質	98
4.4.1	20mm厚ボードの製造条件	98
4.4.2	結果と考察	98
4.4.2.1	強度性能	98
4.4.2.2	吸水性能	99
5.	押し出し成型プレスにおける蒸気消費量の測定	100
5.1	試験方法	100
5.2	結果と考察	100
6.	結 言	103
7.	要 約	104
	文 献	107
	Résumé	109

1. 緒 言

本道においてはかつて、ハードボード工場が6社、パーティクルボード工場が4社あり、森林王国北海道の名に恥じない隆盛を極めていた。しかし、ハードボード工場は昭和51年6月を最後に、全工場が操業中止に追い込まれている。その他にハードボードあるいはセミハードボード工場が二、三操業していたと言われているが、詳細な記録は残っていない。

一方、パーティクルボードでは一番歴史の古いA木材が現在も健在であるほかは、Bベニヤ工業が一度操業を中止したが、現在は受注による生産を行っているということである。他のパーティクルボード工場は、いずれも昭和50年前後に操業を中止している¹⁾。

これらのボード工場はいずれも大消費地から隔絶しており、製品の販売コスト面で本州企業と競争できなかったのが、操業中止に追い込まれた最大の原因であろうと言われている。

ボード工業が北海道に立地し得る条件として、特徴ある製品を地場で消費するタイプが、その理想像としてよく描かれるが、そのような事が果して可能なのであろうか。製造した製品をすべて道内で消費するとすれば、道内における消費量が少ないので、当然小規模生産にならざるを得ないであろう。パーティクルボードを経済的に成り立つ規模で生産しようとするれば、最低でも40000トン/年が限度と言われている。このようなパーティクルボード工場を新たに設立しようとするれば数十億円もの資金を必要とし、このことが数ある木材工業の中でもボード工業を典型的な装置産業と言わしめる原因となっている。

同じパーティクルボードの製造であっても、1940年代の末に Otto Kreibbaum (ドイツ) が考案した押し出し成型方式 (Okal Process) は、プレスの熱圧方式に根本的な相違のあるほか、通常の平盤プレス法に必要な多くの装置がカットされ、設備投資額が大幅に低減できるという特徴がある²⁾³⁾。この Okal Process は「垂直押し出し方式」であるが、1950年代の初め頃アメリカにおいて、Lanewood が水平押し出しプレスを考え出している³⁾。いずれも通常のボード製造法に比較すると、全体の装置がコンパクトで生産規模も小さい。これらの押し出し方式は、当初種々の廃材を主原料として用いてきたこともあり、製品の性能面から、どちらかと言えば比較的低品位パーティクルボードの生産にその位置を占めてきた⁴⁾。この方式により生産されるボードは、1972年頃の統計によると、全パーティクルボード生産のわずか4% (25万m²) であった⁵⁾。現在では統計がないので詳細は分からないが、アメリカの家具工場などでは、自社廃材を原料としてボードを製造し、その製品を家具工場で再び使うという方式で、数工場が稼働しているという²⁾。

ところで、間伐材などの丸太形状の木材をスタートとして、パーティクルボード用の原料を製造すると、配向性パーティクルボードの製造に適した細長い削片や、ウェハーボードの製造に適した大型の幅広い削片が得られ、これらの削片はボード材質の向上に極めて大きな効果があることが知られている⁶⁾⁷⁾。ボードの製造方式にかかわらず、良い原料を用いれば製品の性能面でプラスの効果が期待される。現在、道内においてはカラマツ間伐材が、又、将来的にはトドマツ間伐材の出材も予想されるので、間伐促進という面からも、小径木を原料とするボード材質についての検討が急務である。

パーティクルボードの主な用途は建築、家具、電機品 (三者で全用途の約90%を占める) で⁸⁾、これらに要求される性能は強度的性質、加工性、耐水性など様々であるが、中でもパーティクルボードの欠点の一つであるといわれる、吸水あるいは吸湿による寸法変化については、多くの研究者が取り組んでいる課題である。そして、Shen らによりこの欠点の改善と接着剤の迅速硬化に対し、蒸気噴射法が極めて大きな効果を示すことが報告され⁹⁾¹⁰⁾ 我々もその効果をファイバーボード¹¹⁾、パーティクルボード¹²⁾¹³⁾ について確認している。

そこで、我々は押し出し成型法 - 蒸気噴射法という二つの技術を組み合わせた小型の試験

装置を設計、試作し、丸太から得られた細長い削片を原料として、比較的厚いパーティクルボードの製造試験を行った。

2. 押し出し成型プロセスの特徴と既往の研究

1940年代後半に考案された押し出し成型法は、いわゆるパーティクルボードの製造のほかにも、「ストラミット」と呼ばれる小麦や大麦のワラを原料とする製品の製造にも用いられた。この製品の比重は0.34、厚さは38, 50, 76mmで、主として断熱材や間仕切り壁に用いられたという¹⁴⁾。

このように、押し出し成型法ではいわゆる木質残廃材のほかにも、ワラ等の農産廃棄物も原料として用いることができる。そして、用いる原料により特徴ある製品を製造することができる。イギリスやオランダの穀倉地帯にこのような原料を用いる工場が建設され、実際に操業していたという記録も残っている¹⁵⁾。

ところで、押し出し成型法には次のような特徴があるとされている。

フォーミング、ローダー、ホットプレス、アンローダー、下敷鉄板回流コンベアの諸設備が押し出し成型プレス一式で済む。したがって設備投資額が節減され、小規模で採算ベースにのる。

小規模で企業化が可能のため、原料集荷圏が狭く原料を安く入手できる。

設備がシンプルのため故障が少ない。

連続成型のため、平盤プレス法のような熱盤の開閉がなく、プレス部分におけるヒートロスが少ない。

平盤プレスの場合のように、厚さ規制用のスペースバーを使用しないので、全圧縮時間を通じて、実際に圧縮圧力がボードに作用し、材質が向上する。したがって、接着剤の節減が可能になる。

ボードの厚さ精度が高い。平盤プレスでは厚さ規制のため、スペースバーが用いられるが、この時のボード仕上がり厚さはスペースバーの高さとは一致せず、一般的にボード厚さはスペースバーの高さより小さくなる。

成型後、ボードのトリミングを必要としないので、製品の歩留まりが高くなる。

原料を少しずつ落とし込みながら押し出して行く方式のため、原料小片が一定方向に並び過ぎ、材質の異方性が極めて大きくなる。

しかし、パーティクルボード製造分野における押し出し成型法の占める比率は非常に小さく、これまでの日本ではほとんど統計的に生産量が数値として現れる状況になく、したがって、これに関する研究例も極めて少ない。その中から二、三の研究例を紹介すると、渡辺ら¹⁶⁾は「押し出し方式によるパーティクルボードの製造実験」と題し、幅 28cm、長さ 30cmの製品が得られるような大きさの実験装置を作り、原料としてシナ材のプレーナ層とランバーコア合板の耳を破碎したものをを用いている。しかし、押し出し方式はいわゆる連続押し出し方法ではなく、目標とするボード比重が得られるだけの原料の量を30回に分けて挿入・圧縮を繰り返すという、いわば簡易押し出し法である。これは水平押し出し法の原理に従っているが、浜田ら^{17) 18)}は「林産廃材の利用に関する研究」と題し、スプリント状の原料を用い、垂直押し出し方式に準じた方法で渡辺らと同様に原料を少しずつ押し込む方法によりボードを製造し、接着剤種類と添加量がボード材質に及ぼす影響を検討している。さらに若山ら¹⁹⁾は「カラマツ低質材を利用したパーティクルボードの製造」と題して、カラマツの末はく皮小径木(元口径5~6cm)をそのままチップ化・破碎したものをを用いてボードの製造試験を行っている。これは実装置による試験で前二者のいわば簡易押し出し法とは根本的に異なる

ものである。前述の浜田ら²⁰⁾は「3方向に寸法安定性を有するパーティクルボードの製造方法及び装置」と題し、押し出し成型装置の原料投入部を若干改良して、寸法安定性に優れたパーティクルボードを製造するための方法と装置について特許を出している。

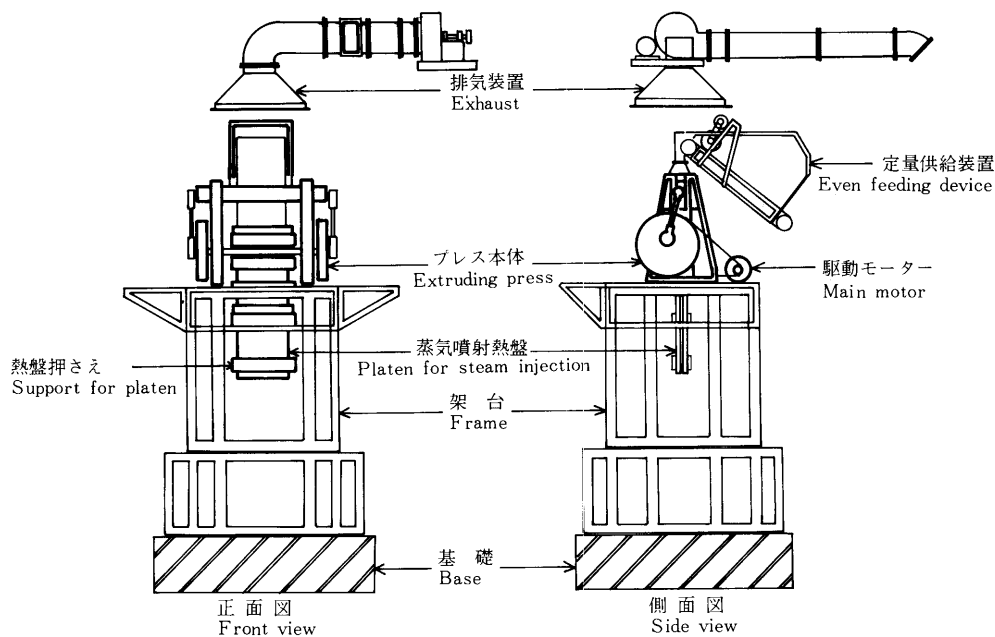
パーティクルボードに関しては、世界的レベルでも先進地域であるドイツでは、DIN 68764 - 1 (1973)²¹⁾で押し出し成型パーティクルボード(素板)の定義、格付、試験方法等について記述しており、同じくDIN 68764 - 2 (1974)²²⁾では、その素板に単板等をオーバレイした製品に関して定義、格付、試験方法等を統一するなど、この種のボードに関してもやはり他に例を見ないほど進んでいる。

3. 押し出し成型プレスの設計

原料の調製や接着剤の塗布工程、更には押し出し成型プレス本体からクロスカットソーへ至る各工程が、実装置では完全な一連の流れの中に収まっている。しかし本実験では、試験ということもあってこれらの流れを無視せざるを得なかった。原料の調製・乾燥・接着剤塗布・プレス工程は断続的で、クロスカットソーについてはこれに代わる方法を考えなければならなかった。

押し出し成型プレス本体はOkal Process(Bベニヤ工業株式会社設置)に準じて設計したが(第1図)、使用する原料形状が大きいこと、熱盤から蒸気を噴射することなど、これまでの実装置にない部分もあり、次の二点についての検討を重点的に行った。

- 1) 原料供給方法
- 2) 熱盤の長さ及び構造

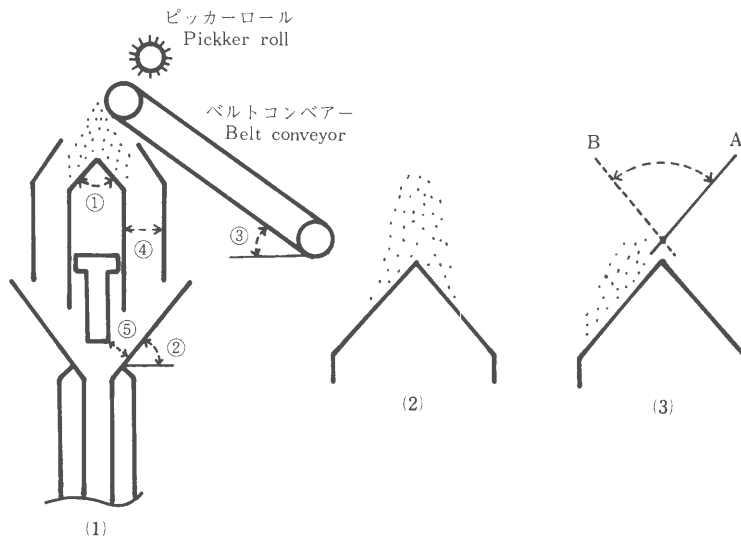


第1図 押し出し成型プレス概略図
Fig. 1. Schematic drawing of experimental extruding press

3.1 原料供給方法

接着剤の噴霧塗布は別工程で行うので、押し出し成型プレスの設計においては、接着剤塗布済み原料をある程度ためておき、そこから何らかの方法で一定量を取り出して、成型機に供給するのが適当と考えられた。実装置（Bベニヤ工業設置の押し出し成型プレス）での予備試験結果から、原料が非常に流れずらいという点に特に留意する必要があったが、これまでの経験からもベルトコンベアで原料を取り出し、ピッカーロールで定量化する方法以外には考えられなかった。

原料供給、押し込み部分の概略を第2図に示す。

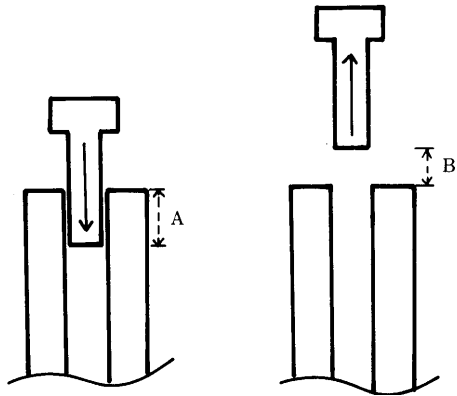


第2図 定量供給に係わる部分の概略図

Fig. 2. The key point for even feeding

第2図の(1)にも示したように、原料がスムーズに流れるためには、 θ 、 ϕ 、及び ψ の角度、 δ 、及び ϵ の間隔がポイントになる。鉄板及びゴムと小片の滑りについて種々検討の結果、 θ は 60° 、 ϕ は 65° 、 ψ は 40° が最良であった。また、 δ は 80mm （当初 60mm であったが、この部分で原料が詰まったので 80mm に改造）、 ϵ はプランジャー（突き棒）が一番上の位置に来た時で 40mm は必要であった。さらに、同図(2)にも示したように、ベルトコンベアーから落ちた原料を左右に均等に振り分けることは、コンベアー速度がいろいろ変わるので非常にむずかしい。すなわち、速度が速い時は勢いについて原料はより左側へ落ちる傾向を示し、左右同量とはならないからである。そこで(3)に示したように、AからBに動く鉄板を取り付けた。すなわち、Aの状態では落ちて来る原料をすべて左側に振り落す。逆にBの状態では右側に落ちることになる。この操作をできるだけ早く行くと、トータルとして左右ほぼ同量に原料が振り分けられることになる。この時の振り分け回数は、ピッカーロールの回転動力を利用しているので、これと同じ回転数（毎分約100回）である。

プランジャーのストローク（第3図）も原料のスムーズな流れを確保する上で、重要な因子となる。これについてはまず、熱盤最上部からどれだけ入り込むのが適当かを検討した。これは一定量の原料が熱盤の間に落ちたとき、一定比重にするためにはどれだけ圧縮（押し込む）したら良いのかを決める必要があるからである。しかし、原料小片の長さが 20mm と 60mm とではかさ比重が異なること、プレス時間や目標とするボード比重により原料の供給量が



A: 押し込み距離 B: 押し上げ距離
 The distance between the top of platen and the bottom of the ram when oscillating ram goes down (A) or up (B)

A+B: ストローク
 Stroke

第3図 熱盤入口部分とプランジャーの相対的位置
 Fig. 3. The relative position of feed entrance of two platens and oscillating ram.

変わるなので、この押し込み距離を固定するのは好ましくないとの結論に達した。また、プランジャーが一番上に上がった状態で、熱盤最上部からどれだけの透き間（押し上げ距離）がとれるかという事は、原料のスムーズな供給を計るためにも重要である。この透き間が十分大きい事に越した事はないが、この距離を十分取るという事は、プランジャーのストローク（押し込み距離+押し上げ距離）が大きくなり、装置の大型化、動力源モータの大型化などにもつながらるので、無制限に大きくはできない。

さらに動輪とプランジャーを連結する腕の長さや、動輪中心からの偏心距離を変えることにより、ストロークや押し込み距離を自由に変えることができるようにすることが賢明であろうとの結論が得られた。詳細については「仕様と性能」の項で記述する。

3.2 熱盤の長さ及び構造

平盤法で40mm厚さのボードを製造する場合、蒸気を噴射しないと最低でも25分のプレス時間を必要とするが、蒸気を噴射して内部加熱を行い、接着剤の迅速硬化を促進すると、10～20分のプレス時間でも成型可能となる。押し出し成型プレスで毎分10cmの送り速度でボードを成型する場合、プレス時間20分相当の熱圧成型をするためには、熱盤の長さは200cm必要ということになる。もし押し出し成型プレスで10分でも成型可能となれば、200cmの熱盤長さの場合、押し出し成型速度は毎分20cmとなり、ボード幅60cm、比重0.6とすれば、1日4.1トンの生産規模になる。実装置の押し出し成型プレスのボード幅は最低でも120cm（日産8.3トン）で、180cm幅なら12.4トン/日の生産量となるBベニヤ工業のように押し出し成型プレスを2基設置すれば、17トン/日（120cm幅、2基）の生産量となり、小規模生産の生産能力としては妥当な値であり、熱盤の長さが200cmという値はそれほど的是はずれた長さではない。

これまで、平盤プレス用蒸気噴射熱盤については、45×45cm（厚さ33mm。既設の蒸気加熱熱盤に密着させて使用するタイプ。小型熱盤）のものと45×80cm（厚さ70mm。加熱蒸気系と噴射蒸気系がそれぞれ独立した系で、一枚の熱盤の中に組み入れられたもの。中型熱盤）の大きさのものを設計、製作した。押し出し成型プレス用の熱盤については、これまでの経緯や製作のしやすさなどからも、前述の中型熱盤のように、加熱系と噴射系蒸気回路が各々独立した回路（加熱系蒸気圧力と噴射系蒸気圧力は必ずしも同じではないので、完全に別回路にする必要がある）になることはもちろん、一枚の熱盤の中に2系列の回路を作ることが望ましい。

ところで、パーティクルボード製造に用いられているフェノール樹脂接着剤は、一般に水溶性でほぼ無限大に水に希釈される性質を有している。通常のホットプレスでこの接着剤を用いても特に問題はないが、蒸気噴射プレスでフェノール樹脂接着剤を硬化させる場合、一つの問題が生じてくる。それは前述の性質のため、接着剤が塗布されている削片に蒸気が吹

き込まれると、削片が十分温まっていない場合には、削片表面で蒸気が凝縮し、付着している接着剤を溶かし込んで削片の内部へと浸透して行く。このため削片表面の接着剤量が減少し、削片同士の結合に支障を来すことになる。これを防止するためには、

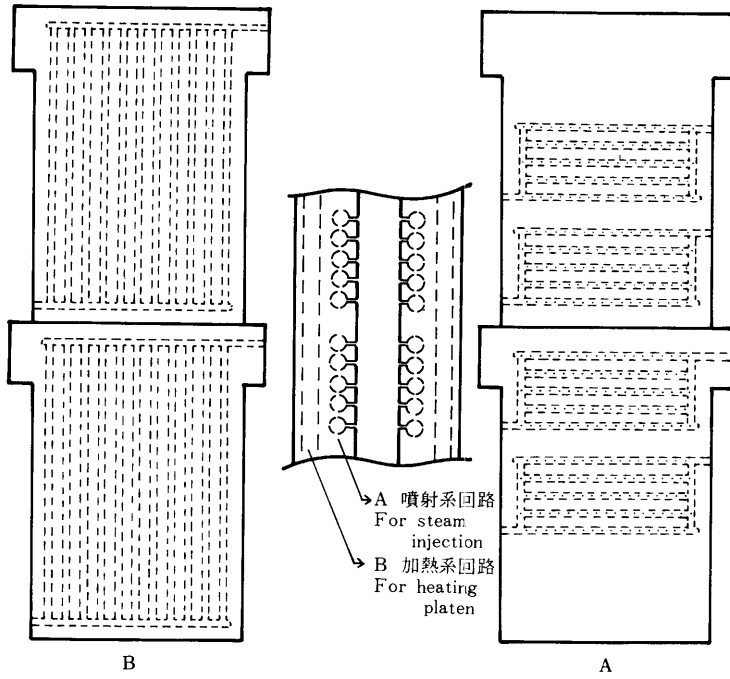
削片が十分温まってから蒸気を噴射する。

水あるいは熱水に溶けにくい接着剤を用いる。

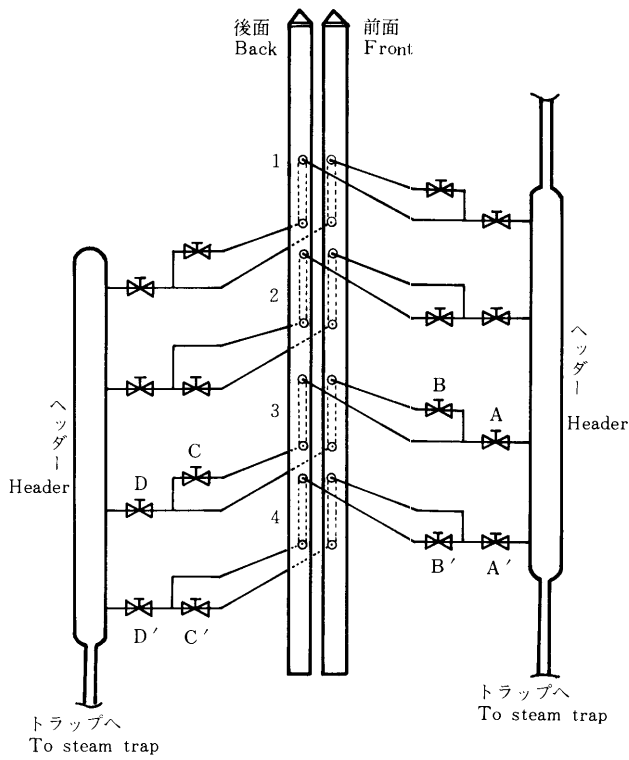
などが考えられる。 については、接着剤の固形分濃度を高めたり、あらかじめ縮合反応を進めた接着剤を噴霧塗布し、水あるいは熱水に溶けにくくすることで、接着力の低下を防止できることが分かった¹³⁾。そこで についての検討を行うため、平盤プレス法により、蒸気噴射前時間、蒸気噴射時間、蒸気噴射後時間という要因を取り上げて試験を行った¹²⁾。ここで、蒸気噴射前時間とは、プレスを圧縮してから蒸気噴射を行うまでの時間、蒸気噴射後時間とは、一定の蒸気噴射時間終了後プレス圧力を解圧するまでの時間をいう。これらの要因を押し出し成型プレスに当てはめると、平盤プレス法という「蒸気噴射前時間」は原料小片が2枚の熱盤の間に投入されてから、どの位置来た時に蒸気を噴射したらよいか、という「入口部分からの距離」に置き換えられる。同じように、「蒸気噴射時間」というのは、熱盤のどこからどこまでの区間で蒸気噴射を行うのかという言葉で置き換えることができる。

蒸気噴射するまでの時間（熱盤入口からの距離）や蒸気噴射時間（噴射区間）、更には蒸気噴射後時間（熱盤出口までの距離）は試験要因としてはいろいろな水準がとれることが望ましいであろうとの配慮から、連結した各1mの熱盤（熱盤製作の都合上、長さ1mの熱盤を連結して2mとした）をいくつかのセクションに分けて蒸気噴射回路を作ることにした。しかし、熱盤入口と出口に近い部分で蒸気噴射を行えば、当然蒸気漏れが予想されるので、この部分には蒸気噴射回路を作らないことにした。そこで1mの長さの熱盤を何個のセクションに分けるのが適切かということに関しては、平盤法による予備試験の結果から¹²⁾、3ないし4個が妥当であろうと考えられた。各蒸気噴射回路を独立させるためには、それぞれの回路の蒸気入口と出口部分にフレキシブルホース二つないでバルブをセットしなければならない。長さ1mの熱盤を2枚連結した形で向い合って並べると、図面上からも1mの長さの熱盤を4個のセクションに分けることは、多くのバルブやフレキシブルホースが複雑に入り組むので、製作困難と考えられた。そこで1mの長さを3個のセクションに、2mで6個のセクションに分けることにした（第4、5図）。すなわち1セクションの長さは約33cmということになる。なお、蒸気噴射機構のない熱盤入口部分は、原料小片と熱盤との摩擦が特に大きくなるため、ハードクロムメッキを施して硬くするとともに滑りを良くした。このメッキの膜厚は0.25mmで、両側熱盤を合わせるとそれ以降の熱盤部分よりも0.5mmほど間隔が狭くなっているため、いわゆる圧密効果を持たせることができる。

第4図に本装置の一番の特徴である熱盤の内部構造を示した。図の中央は、ほぼ平行に向い合った2枚の熱盤の断面の一部である。左側は片側の熱盤の外側（Bの部分）を示したもので、熱盤を温めるための蒸気が流れる回路である。右は同じ熱盤の内側（Aの部分）を示したもので、プレス時間の短縮や吸水特性を改善するために考えられた蒸気を噴射するための回路で、独立した4個のセクションに分けられる。蒸気を噴射しない部分も含めて、各セクションはほぼ1/6の長さに分割されているので、原料の滞留時間（いわゆる平盤法のプレス時間に相当する）の最大4/6までの時間を蒸気噴射に当てることができる。また、互いに向かい合った箇所においては、両側の噴射孔から同時に中央のボードに向かって蒸気を噴射させたり、あるいは一方の熱盤から他方の熱盤に向って蒸気を噴射させ、次のセクションでは逆方向に噴射させることも、バルブの操作（第5図）一つで簡単にできるようになっている。



第4図 蒸気喷射熱盤構造図
 Fig. 4. The inner construction of platen for steam injection and heating platen



第5図 喷射系蒸気回路図
 Fig. 5. Steam supply system for steam injection

噴射孔の径は2 mm , 片側1 セクションで93個 , 合計744個ある。

3.3 押し出し成型プレスの仕様と性能

3.3.1 仕様

本装置の仕様は次のとおりである。

- 1) プレス本体
 - 動輪回転数 40 ~ 200rpm
 - 同モーター 200V , 3相 , 11kW (15馬力)
 - ストローク 110 , 120 , 140 , 160 , 170mm
 - プランジャー押し込み距離 40 ~ 80mm
- 2) 蒸気噴射型熱盤
 - 熱盤寸法 70 (厚) × 670 (幅) × 1000 (長) mm , これを4面
 - ディスタンスレール ボード厚20及び40mm用 , 各長さ2070mm
 - 熱盤表面精度許容値はJISホットプレスB6548の2級に準ずること
- 3) 定量供給装置
 - コンベアー速度 4 ~ 16m / min
 - 同モーター 200V , 3相 , 0.75kW (1馬力)
 - コンベアー上昇角度 40 °
 - コンベアー幅 680mm
 - コンベアー有効幅 640mm
 - コンベアー長さ (ローラ心々間隔) 1600mm
 - ピッカーロール回転数 100rpm
 - 同モーター 200V , 3相 , 0.4kW (0.5馬力)
 - ピッカーロールとベルト間隙 0 ~ 50mm
- 4) 排気装置
 - シロッコファン
 - 排気量 55m³ / h
 - 静 圧 40mm aq
 - 同モーター 200V , 3相 , 1.5kW (2馬力)
- 5) 操作及び計装盤
 - 温度記録計 理化電気工業K.K.製打点6点 , PBR - 106 T型 , 0 ~ 200
 - 温度指示調節計 温度調節範囲 0 ~ 300 , JIS 1級 , C A用 , 2位置式 , 100V
 - アンメーター 目盛60アンペア , 最小目盛 : 2 アンペア
 - 過負荷警報リレー (安全装置) 付 , ブザー連動
 - 原料供給コンベアーの速度調節装置 (モーター変速方式 , 0 ~ 1800rpm) 付
 - 動輪回転指示計 (0 ~ 250rpm) 付
- 6) 蒸気配管
 - 蒸気流量計 (指示 , 積算)
 - 最高使用可能圧力 16kgf / cm²
 - 常用圧力 12kgf / cm²
 - 最低使用可能圧力 4kgf / cm²
 - 最大流量 300kg / h
 - 常用流量 150kg / h

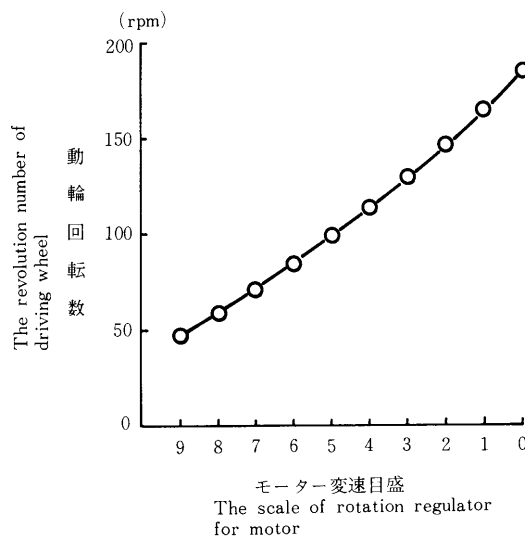
	最小流量	60kg / h
減圧弁, 呼び圧力	16kgf / cm ²	
	1次側圧力	16kgf / cm ²
	2次側圧力	5 ~ 12.5kgf / cm ²
同 , 同	16kgf / cm ²	
	1次側圧力	16kgf / cm ²
	2次側圧力	3 ~ 8kgf / cm ²
加熱系温度調節用電磁弁	作動圧力0.5 ~ 10kgf / cm ² , 32A, フランジ式, 耐熱線, 100 V	
温度検知用センサー	熱電対CA式, 1mm, 0.75級, 取付けはニップル式18mm, 首下300mm, 保護管外径12mm, ステンレス304製, 密閉パッキン式, ヘッド付	

3.3.2 性能

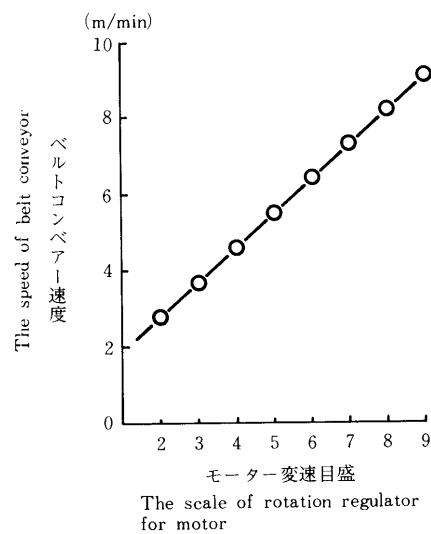
本試験に入る前に、本装置の試運転を兼ねて押し出し成型プレス機の性能をチェックした。

動輪回転数は仕様によると、40 ~ 200rpmとなっているが、回転計による実測の結果、最大回転数は185rpmであった。モーターの変速目盛と実測回転数との関係は第6図のとおりである。なお、回転指示計（アナログ、最小目盛5）の指示と実測値（デジタル表示）との間には若干の差がみられ、前者が5 ~ 7%程度大きな値を示した。

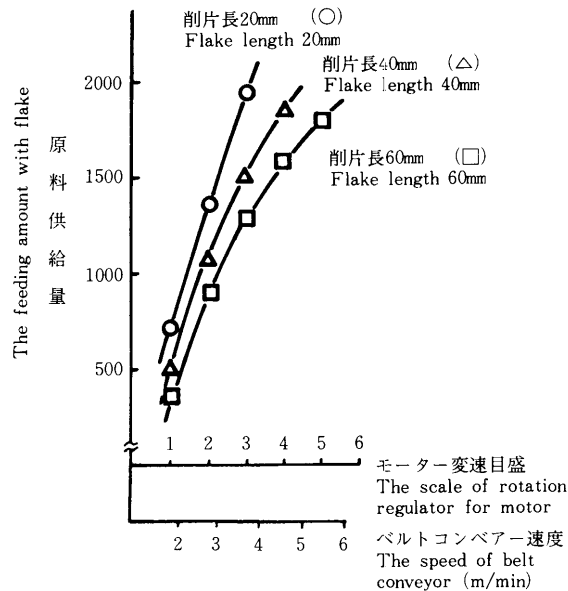
ベルトコンベアー速度とモーター変速目盛の関係（第7図）は、これ自身大きな意味を持たないが、第8図にも示したとおり、各削片長ごとに一定量の原料を供給するためのベルトコンベアー速度すなわちモーター変速目盛をいくりにセットしたら良いのかという時に重要となる。なお原料供給量を変えるには、前述したとおりベルトコンベアーの速度を変える方法の外に、ベルトコンベアーとピッカロールの間隔を変える方法がある。通常、前者の方法でカバーしきれない供給量範囲について、後者の方法を併用するようになっている。この間



第6図 モーター変速目盛と動輪回転数との関係
Fig. 6. The relationship between the scale of rotation regulator and the revolution number of driving wheel



第7図 モーター変速目盛とベルトコンベアー速度との関係
Fig. 7. The relationship between the scale of rotation regulator and the speed of belt conveyor



第8図 削片長ごとの原料供給量とベルトコンベアー速度の関係
 Fig. 8. The relationship between the feeding amount for different flake length and the speed of belt conveyor

隔を25mmにセットしてベルトコンベアーの速度を変えると、各削片長について、プレス時間10分以下（時間が短いほど供給量は多くなる）の供給量でも十分対応できることが分かった。ベルトコンベアーの速度を変えるのは非常に簡単であるが、ピッカーロールとベルトコンベアーとの間隔を変えるのは左右のバランスがくずれるので取り扱いが面倒である。したがって、本試験において、供給量を変える操作はすべてベルトコンベアー速度を変えることにより行った。

第8図からも分かる通り、削片長が短い原料ほどかさ比重が大きいので、同じベルトコンベアー速度でも、より多くの原料を供給することができる。ここでプレス時間が20分の時の原料供給量、及びその時のベルトコンベアー速度（変速目盛）を求めると次のようになる。

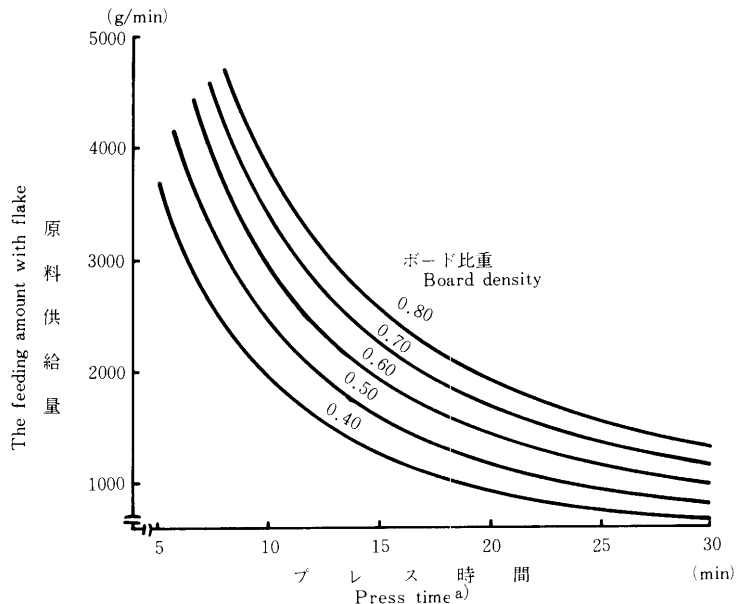
熱盤長さが200cmであるから、押し出し速度は毎分10cmになる。すなわち、毎分厚さ4cm、幅60cm、長さ10cmのボードを製造するのに必要な原料を供給すれば良いことになる。ボード比重を0.60とすれば、1分当たりの原料供給量Pは次式で算出される。

$$P = 4 \times 60 \times 10 \times 0.6$$

$$= 1440g / \text{min}$$

第8図より、削片長20mmの原料ではコンベアー速度は2.9m/min（目盛りで約2.2）、40mm長さの原料では3.5m/min（同、約2.8）、60mm長さの原料では4.2m/min（同、約3.5）にセットすれば良いことになる。

なお、プレス時間、目標とするボード比重を設定した場合の原料供給量を求める方法を第9図に示す。この図から読み取った原料供給量をもとに、第8図の縦軸上の値と各削片長ごとの供給量曲線との交点に対応する横軸上の値を読むと、必要とするベルトコンベアー速度（モーター変速目盛）が得られる。また、プレス時間20分の時の押し出し速度は10cm/min



第9図 プレス時間 目標ボード比重から原料供給量を求める図
 Fig. 9. The figure for determination of the feeding amount from
 press time and board density

注：a) 第6表参照

Note: a) Refer to table 6

であるから、5、10、15、20、25、30分の各プレス時間に対応する押し出し速度はそれぞれ、40、20、13.3、10、8及び6.7cmで、この時の原料供給量は目標とするボード比重を0.60とすれば、それぞれ5760、2880、1920、1440、1152及び960 g / minとなる。

プランジャーの押し込み距離（深さ）は一突きで最大何cmの製品を押し出せるかという目安になる。仕様では40～60mmとなっていたが、実測の結果80mmまで可能であることが分かった。しかし、熱盤の入口部分で、原料をある深さ（距離）で押し込んででもそれと全く同じ距離で出口部分から押し出されるわけではない。というのは、途中で圧縮力が吸収されるので、2m先の熱盤出口では「入口部分での押し込み深さ」の何割かの減少となって現れることになる。ストロークからこの「押し込み距離」を差し引いたものを便宜上「押し上げ距離」と呼んでいるが、これは熱盤最上部とプランジャーが一番上に上がった時の透き間に相当する値である。原料がスムーズに落ち込むためには、当初、最低でも40mmは必要であろうと考えていたが、実測の結果、かなり余裕のあることが分かった。

ストロークは仕様によると110、120、140、160、170mmとなっていたが、実測の結果それぞれ、115、125、145、165、175mmであった。したがって、ストロークと押し込み距離などの関係は第1表のようになる。

また、動輪とプランジャーを結ぶクランクアームの長さを調節することにより、押し込み距離を変えることができる。すなわち、アームの長さを変えることにより、ストロークを変化させることなく、プランジャーの往復中心点を上下に移動させることができる。これらの関係は測定の結果、第2表のようになった。

3.4 一定比重のボードを製造するための運転条件

パーティクルボードに限らず、一般にこの種のボード材質はその比重により決まると言っても過言ではない。したがって、一定比重のボードを作ることは、安定した材質を有するボー

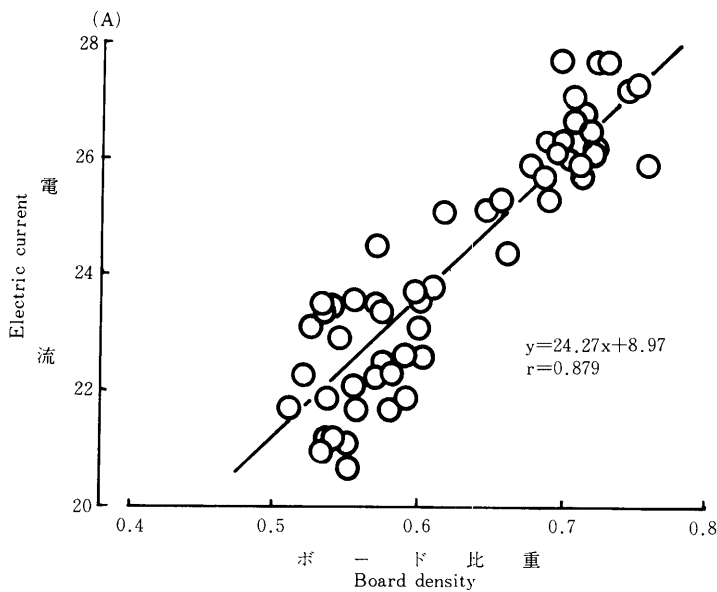
第1表 ストローク、押し込み距離及び押し上げ距離の関係
 Table1 The relationship among stroke, distance A and B
 in Fig.3 (mm)

ストローク Stroke (mm)	押し込み距離 Distance A (mm)				
	40	50	60	70	80
115	75	65	55	45	35
125	85	75	65	55	45
145	105	95	85	75	65
165	125	115	105	95	85
175	135	125	115	105	95

第2表 ストローク、押し込み距離及びクランクアームの長さの
 関係

Table 2 The relationship among stroke, distance A in
 Fig 3 and the length of crank arm. (mm)

ストローク Stroke (mm)	押し込み距離 Distance A (mm)				
	40	50	60	70	80
115	995	1005	1015	1025	1035
125	990	1000	1010	1020	1030
145	980	990	1000	1010	1020
165	970	980	990	1000	1010
175	965	975	985	995	1005



第10図 ボード比重と電流との関係
 Fig. 10. Relationship between board density and electric current

ドを製造する上で極めて重要となる。

平盤プレス法では、ほぼ一定厚さ(重量)に成型されたマットを、スペースバーを用いて

一定厚さのボードに熱圧成型するため、余程のトラブルでもない限り、一定品質（比重）の製品が比較的簡単にできる。

一方、押し出し成型法においては、製品品質のコントロールはプランジャーで原料を押し込む時の抵抗を一定にすること以外には方法はないと考えられた。

本装置の運転において、ボード比重を一定に保つための方法は次のとおりである。熱盤全体には5箇所の押えがついているが（第1図参照）、一番上の押さえについては圧密効果を持たせるためにも、トルクレンチで15kg・mの力でしっかりと締め、ほかは0～2kg・mの力で締める。原料投入後、記録計上のアンペアの指示を見ながら、トルクレンチで締めたり（抵抗を持たせる）、緩めたりしながら熱盤間隔を微調整（電流を一定に保持）することにより、目標とする比重のボードが得られることが分かった。この時の抵抗を電流（アンペア）として取り出して、得られたボード比重との相関性を調べたところ、第10図に示したように、高度に有意な相関性が認められ、電流をボード比重コントロールの指標とすることができることが分かった。

4. 製造条件とボード材質

4.1 予備試験

本試験では接着剤塗布工程と押し出し成型工程が不連続である上、大量の原料に接着剤を塗布後直ちに押し出し成型プレスで製板を行うことは、1日8時間のローテーションの中では実施困難であった。そのため、接着剤を塗布して一日経過後、押し出し成型プレスで製板するという方法によらなければならなかった。そこで、削片に接着剤を塗布後、熱圧成型するまでの放置時間が接着剤の硬化にどのような影響を及ぼすのかをあらかじめ検討した。

4.1.1 試験方法

削片厚さ0.5mm、長さ60mmの原料を用いた。ボード厚さは20mm、比重は0.65で平盤プレス法によった。接着剤はフェノール樹脂で、添加量は硬化状態を検討するため本試験（5%）より多く8%とした。放置日数は0（その日のうちに熱圧成型）、1、3及び6日間である。

4.1.2 結果と考察

試験結果を第3表に示した。

第3表からも明らかな様に、やはり接着剤塗布後直ちに熱圧成型すると良好な値を示すこ

第3表 接着剤塗布後の放置日数がボード材質に及ぼす影響

Table 3 The effect of the assembly time on particle board properties .

経過日数 Period (day)	曲げ強さ Modulus of rupture in bending (kg f/cm ²)	曲げヤング係数 Modulus of elasticity in bending (10 ⁹ kg f/cm ²)	内部結合力 Internal bond (kg f/cm ²)	吸水率 Water absorption (%)	吸水厚さ膨張率 Thickness swelling (%)
0	352 (100)	39.3 (100)	5.7 (100)	57.2 (100)	10.5 (100)
1	315 (89)	37.0 (94)	5.3 (93)	63.1 (110)	9.8 (93)
3	312 (89)	37.4 (95)	5.0 (88)	64.3 (116)	9.8 (93)
6	335 (95)	38.0 (97)	4.7 (82)	65.9 (115)	10.8 (103)

注：1) ボード厚さ：20mm，平盤成型プレス

2) ボード比重：0.65

3) 接着剤：フェノールホルムアルデヒド樹脂 8%添加

4) プレス条件：170 -18分

5) ()内の値は接着剤添加後、直ちに熱圧成型したボードの材質を100とした時の相対値である

Note：1) Board thickness：20mm，Flat pressing method .

2) Board density：0.65 .

3) Adhesive：Phenol - formaldehyde resin 8% addition to material .

4) Press conditions：170 -18min .

5) Values in bracket are relative to the properties of board pressed immediately after resin addition.

とが分かる。しかし、3日程度の放置ならば、90%前後の材質が保持されているので、フェノール樹脂接着剤については、接着剤塗布日と熱圧成型日が一致しなくても良いという結論になり、接着剤塗布の翌日に押し出し成型プレスにより製板することにした。したがって、本試験で得られる各種データは、接着剤塗布後直ちに熱圧成型したボードに比較して、10%程度低めの値が得られていることになる。

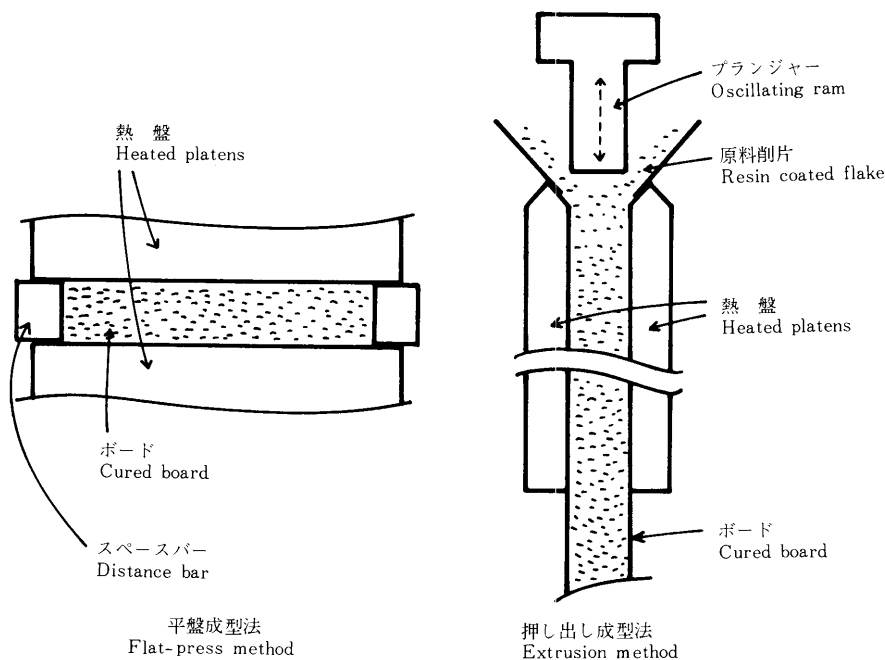
4.2 押し出し成型パーティクルボードの基礎的性質

平盤プレス法と押し出し成型プレス法を比較すると、熱盤の間で接着剤を塗布した削片を熱圧固化してボードにするという基本原理は同じであるが、前者では成型されたマット（ボード）は静止したままであるのに対して、後者では一定の速度で連続的に押し出されるという大きな違いがある。さらに後者の場合、2枚の熱盤の間に細長い削片を落とし込むと、ボードの幅方向にこの削片が配列し、細かな原料を用いた場合に比較して、曲げ性能が大幅に向上するという特徴である。

削片の積層のされ方は第11図に示したように、平盤法ではボードの板面に平行に、押し出し成型法ではボードの板面に対して垂直に配列する。削片同士が何枚か重なって圧縮されると、吸水した場合には圧縮方向とは逆方向に大きく膨張するので、平盤法ボードの厚さ方向と押し出し法ボードの長さ方向は似たような挙動を示すことになる。

4.2.1 原料の調製と製造条件

末口径が9～11cmの北海道産カラマツ間伐材（長さ3.6m）をバーカー（岩谷工業、IK-17型）によりはく皮後、半分に玉切りして垂直円盤型フレーカー（菊川製作所製、MS1型、円盤直径1000mm、刃の長さ350mm×3枚、生産能力1時間約60kg）により、平均幅が約8cmの大型の削片を製造した。この時、刃出量を一定（0.5mm）とし、け引き間隔だけを変えて、



第11図 平盤成型法と押し出し成型法の違い
 Fig.11 .Principle of particle board manufactured by flat -press and extrusion method

長さ20, 40及び60mmの削片を得た。これを更に粉碎し, 平均幅を5~10mmとした。

得られた削片は含水率が50~70% (時として100%を超えるものも一部にみられた) の生材状態であったが, 乾燥を行って5~6%の含水率に調整した。この削片をふるい分けすることにより, 目開き38×19mm onの粗大部分と2.5×2.5mm passの微細部分を除いた。

プレンダー中でこの削片をかくはんしながら, フェノール樹脂接着剤 (大日本インキ化学工業K.K.製, HD2045, レゾルシノール変性, 固型分濃度41%, 粘度は25~35cP) を原液のまま5%相当量スプレー添加した。なお, 硬化剤としてパラホルムアルデヒドを樹脂固型分に対して4%添加した。ただし, パラフィン等の耐水剤は添加していない。

この項については削片長60mmの原料のみ用い, 熱盤温度175 (8 kgf/cm²の蒸気圧), プレス時間30分 (原料滞留時間) の条件でボードを製作した。

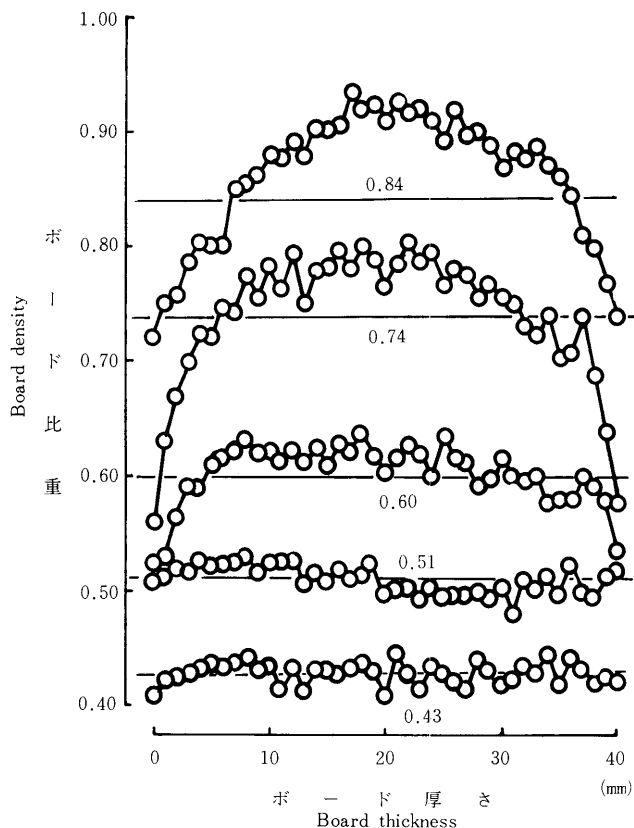
4.2.2 厚さ方向の比重パターン

4.2.2.1 試験方法

厚さ約40mmのボードの厚さ及び重量を測定後, 自動鉋削機により片側を約1mm削り取る。この時の厚さ及び重量の減少から, 削り取った部分の比重を計算する。以下この操作を繰り返すことにより, ボードの厚さ方向の比重パターンが求められる。

4.2.2.2 結果と考察

結果を第12図に示した。図中の0.43~0.84という数値は比重パターンを求めたボードの平



第12図 供給ボードの厚さ方向の比重分布
(図中の数字は供給ボードの平均比重)

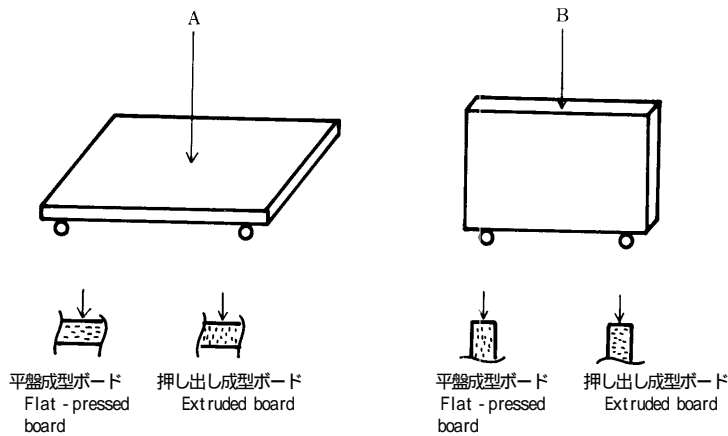
Fig. 12. Density gradients patterns of the tested particle boards
(The values in figure are average density of tested boards)

均比重である。図からも明らかなように、平均比重の小さなボードほど、厚さ方向の比重が均一に、逆に平均比重の高いものほど中心部の比重が大きくなっている。これは今回の試験に用いた原料のかさ比重が60mm削片長のもので0.05と極めて小さく、熱盤間隔40mmの間にこのような原料を連続的に落とし込むと、どうしても中央部が密になり、熱盤に近い部分、すなわちボードの表面側が粗な状態になりやすい。そのため圧縮の度合の大きな高比重のボードほど、その影響を大きく受けて図のような結果になったものと考えられる。平盤法で得られたパーティクルボードの比重パターンは、表面から若干内側の部分に高比重部分があり、中心部は一般に低比重であると言われており²³⁾、押し出し成型パーティクルボードとは大きく異なっている。

4.2.3 荷重方向と曲げ性能

4.2.3.1 試験方法

平盤法で得られるパーティクルボードをいわゆる面材として使用する場合、荷重は板面に対して垂直に作用することが多い(第13図, A)。これを微視的に見た場合、荷重は積層されている削片に対して垂直に作用することになる。さらに、例えばベッドの側板のようにボードを垂直に立てて用いるような状態も想定され(第13図, B)、この時の荷重は板面に対しても、積層されている削片に対しても共に平行に作用することになる。ところが押し出し成型パーティクルボードでは、削片の積層状態が平盤法で得られるボードとは異なるため、第13図, Aの荷重方向を想定した場合、板面に対して垂直に作用している荷重も、微視的に見た場合、削片に対しては平行に作用していることになる。そこで、押し出し成型プレスで得られたボードについて、曲げ性能に対する荷重方向の影響を検討した。曲げ試験は島津オートグラフIS - 5000により荷重速度10mm/minで行った。



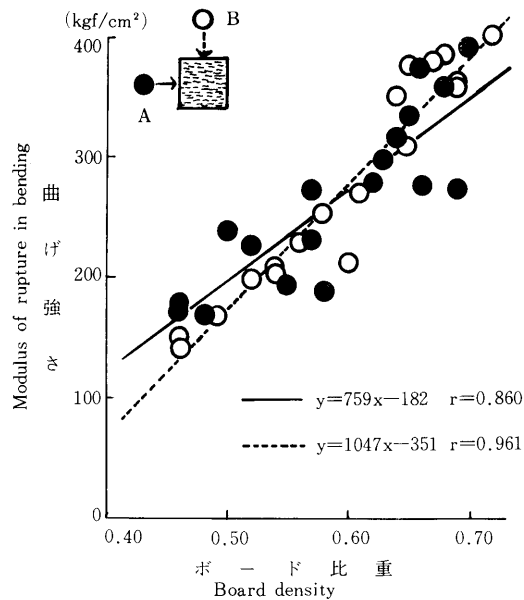
第13図 パーティクルボードに対する荷重のかかり方
Fig. 13. Relationship between load direction in bending and flake laminating

4.2.3.2 結果と考察

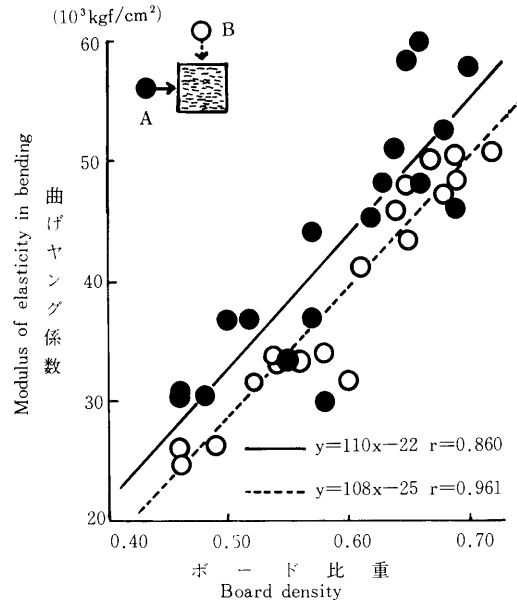
強さの試験結果を第14図に、曲げヤング係数の試験結果を第15図に示した。

図からも明らかなように、曲げ強さの場合、通常のボード比重(0.6前後)の範囲内では、荷重方向の違いによる差は小さい。一方、曲げヤング係数については試験した全比重の範囲内で、削片に対して平行な荷重方向の方(以後の試験はこの方法によった)が約 $3 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 大きな値を示した。

平盤法で得られるパーティクルボードに対して、第13図A, B両方向から荷重をかけた場



第14図 荷重方向と曲げ強さとの関係
Fig. 14. The relationship between load direction and modulus of rupture in bending



第15図 荷重方向と曲げヤング係数との関係
Fig. 15. The relationship between load direction and modulus of elasticity in bending

合の曲げ性能は、ボード厚さ7.9～38.4mmの範囲の6種類について、曲げ強さ、曲げヤング係数共にAの場合の方がBよりも平均して約40%程高という報告がある²⁴⁾。

4.2.4 押し出し成型パーティクルボードの異方性改善

ところで、押し出し成型法により得られたパーティクルボードの最大の欠点は、なんと言っても異方性が大きいことである。押し出し方向に垂直に荷重をかけた場合（曲げ試験片の長さ方向が押し出し方向と平行。//）の曲げ強さは第4表に示したように、逆方向（試験片の長さ方向が押し出し方向と垂直。⊥）の1/26、同じく曲げヤング係数は1/44であり、いずれも極めて大きな異方性である。

押し出し成型パーティクルボードはもともとコア材として位置づけられており、表裏面には何らかのオーバーレイ加工が必要とされている。この種のボードの発祥の地であるドイツには DIN 68764 (1974) という規格があり、押し出し成型の素材ボードや単板等をオーバーレイ

第4表 押し出し型パーティクルボードの異方性
Table 4 The anisotropy of the extruded particle boards

木取り方向 Direction	曲げ強さ Modulus of rupture in bending (kgf/cm ²)	曲げヤング係数 Modulus of elasticity in bending (10 ³ kgf/cm ²)
⊥ a)	333	53.0
// b)	13	1.2
⊥ / //	26	44

注： a) 試験片と長さ方向がボードの製造方向と直角

b) 試験片の長さ方向がボードの製造方向と平行

Note : a) Length direction in test piece is across the extruding direction

b) Length direction in test piece is along the extruding direction

した製品の格付けが記されている。

4.2.4.1 試験方法

本試験で得られた異方性の大きなボードをコア材として、2種類のラワン単板（厚さ1.6mm，曲げヤング係数 $113 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 。厚さ2.6mm，曲げヤング係数 $137 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ ）を表裏面に各一枚オーバーレイした。なお、1.6mm厚単板をオーバーレイする場合はコア材を36.8mmに、2.6mm厚単板をオーバーレイする場合はコア材を34.8mmとし、いずれも40mm厚さに仕上がるようにした。なお、単板の繊維方向とボードの押し出し方向が一致するようにオーバーレイした。

4.2.4.2 結果と考察

試験結果を第5表に示した。

1.6mm厚単板をオーバーレイすると、当初曲げ強さで26倍もあった方向差は1.8倍に、同じく曲げヤング係数については44倍もの方向差が1.7倍まで改善され、異方性は格段に小さくなった。2.6mm厚単板を用いた場合は、その効果は一層顕著で、実用上ほとんど問題とはならない程度まで改善されることが分かった。

第5表 押し出し成型パーティクルボード異方性改善

Table 5 The improvement of the anisotropy of the extruded particleboards

単板厚さ Veneer thickness (mm)	コア材方向 Core direction in bending	曲げ強さ Modulus of rupture in bending (kg f/cm ²)	曲げヤング係数 Modulus of elasticity in bending (10 ³ kg f/cm ²)
1.6 ^{c)}	⊥ ^{a)}	410	50
	// ^{b)}	221	29
	⊥//	1.8	1.7
2.6 ^{d)}	⊥	354	47
	//	268	47
	⊥//	1.3	1.0

注： a)、 b) 第4表に同じ

c) フェイス-コア-フェイス 1.6-36.8-1.6mm
この単板の曲げヤング係数は $113 \times 10^3 \text{ kg f/cm}^2$

d) フェイス-コア-フェイス 2.6-34.8-2.6mm
この単板の曲げヤング係数は $137 \times 10^3 \text{ kg f/cm}^2$

Note : a) b) Same as Table 4

c) Face-Core-Face 1.6-36.8-1.6mm
This veneer have a modulus of elasticity in bending
of $113 \times 10^3 \text{ kg f/cm}^2$

d) Face-Core-Face 2.6-34.8-2.6mm
This veneer have a modulus of elasticity in bending
of $137 \times 10^3 \text{ kg f/cm}^2$

4.3 40mm厚ボードの材質

通常の押し出し成型プレスにより、40mm厚程度のパーティクルボードを製造しようとするれば、短時間で接着剤の硬化を計るために内部加熱の方法が併用され、結果として中空のボードが得られるという特徴がある。このボードは断熱性が良いとか、厚さの割に軽いなどの特長もあり、その特性を生かした用途が考えられている。

我々の設計・試作した押し出し成型プレスでは、これまでの内部加熱に代わり、蒸気噴射機構が備わっているので、中空ではなくソリッドの製品が得られる。

この種のボードの用途としては、押し出し方向に垂直に一定幅で切断した製材品の半割り（間柱的用途）のようなものも考えられるが、「厚い広い面積の板」が得られるので、いわゆる「面材」としての用途も考慮に入れなければならないだろう。

4.3.1 40mm厚ボードの製造条件

この試験の中で取り上げた要因及び水準を第6表に示した。

蒸気噴射無しの場合は、押し出し成型パーティクルボードの性質を十分に把握するために、削片長3水準、プレス時間4水準のすべてを組み合わせることで12条件のボードを製造した。また、蒸気噴射有りの場合はスポット的に条件を選択した。すなわち、削片形状の効果についてはプレス時間を20分に固定したものについて、プレス時間の効果については削片長20mmのものについて実施した。

第6表 40mm厚ボードの製造条件

Table6 Manufacturing conditions for 40mm thickness board .

プレス時間 Press time (min)	噴射蒸気圧力 Pressure of injection steam (kg f/cm ²)	削片長 Flake length (mm)		
		20	40	60
15	0 ^{b)}	○ ^{c)}	○	○
	1.5	○	○	-
	2.0	○	○	-
	2.5	-	○	-
20	0	○	○	○
	1.5	○	○	○
	2.0	○	○	○
	2.5	○	○	○
25	0	○	○	○
	1.5	○	-	-
	2.0	○	-	-
	2.5	○	-	-
30	0	○	○	○

注：a) 原料が製品となって熱盤を通するまでの時間。以後の図、表について同じである。

b) 蒸気噴射なし

c) 試験実施

Note: a) The time required for running through from infeed of The platen to outfeed of the platen. The terms of Press time in the subsequent figures and tables are the same as table6 .

b) Without steam injection .

c) Carried out .

なお、蒸気噴射の位置については予備試験の結果から、第5図における3と4の位置で行った。すなわち、蒸気噴射開始時間は原料投入後、プレス時間の1/2経過時点で、噴射している時間は各々のプレス時間の1/3の時間である。したがって、例えばプレス時間が15分の場合、原料投入後7分30秒経過してから蒸気噴射を開始し、5分間続けられることになる。なお、この時のバルブ操作を第5図に従って説明すると次のようになる。まず、3の蒸気噴射部分において、バルブA、Dを開けてB、Cを閉じると、蒸気は後面の熱盤に入り、その表面から噴射されて中央を移動中のボードを通過して、前面の熱盤に入り、バルブDを通過して排出される。次に4の蒸気噴射部分において、A'、D'のバルブを開けてB'、C'を閉じると、蒸気は前面の熱盤からボードを通過して後面の熱盤に入り、バルブD'を通過して排出される。すなわち3と4では蒸気の流れが逆になる。また、同じ位置で両側熱盤から中央のボードに向かって同時に蒸気を噴射する方法についても幾つか検討してみた。この場合は例えば4の位置で蒸気を噴射するとすれば、バルブA'、B'を開けてC'、D'を閉じれば良いことになる。しかし、このような方法で蒸気を噴射すると、蒸気の逃げ道がなくなり、ボードに対して直接その時の蒸気圧力がかかることになる。したがって、接着剤の硬化が初期の段階（蒸気を噴射

する位置が上の方)の場合や、噴射する蒸気の圧力が削片同士の結合力を上回る場合などには、蒸気の圧力により熱盤の下からボードが飛び出してくるおそれがある。ただ、この方法によると蒸気の消費量が少ないという特徴がある(後述)。

次の各条件は40及び20mm厚さのボード共に固定して行った。

目標ボード比重	0.60
接着剤種類	フェノール樹脂接着剤(大日本インキ工業K.K製。レゾルシノール変性。HD2045。型分41%)
添加率	5%
硬化剤	パラホルムアルデヒドを対樹脂固型分4%添加
耐水剤	なし
小片含水率	5~6%(ただし、接着剤添加後12~13%)
熱盤温度	175(8kgf/cm ² -G)
動輪回転数	100rpm
プランジャーのストローク	145mm
押し上げ距離	85mm
押し下げ距離	60mm
ピッカーロールとベルトコンベアーの間隔	25mm

4.3.2 材質試験方法

40mm厚ボードは表裏面を各1mm研削して38mmに、20mm厚ボードは21mm厚さに仕上がっているため表裏面を各0.5mm研削して20mmに仕上げた。

曲げ試験は幅5cm、長さ58cm(20mm厚ボードでは50cm)の試験片で、スパン54cm(同、30cm)、荷重速度10mm/minで行った。はくり試験は曲げ試験後の試験片から厚さ38×幅50×長さ50mm(同、20×50×50mm)の試験片を裁断し、鉄製治具にエポキシ樹脂接着剤で接着した。これに押し出し方向とは逆方向の引張り荷重を10mm/minの速度でかけて破壊した。なお、破壊面の断面積は3.8×5.0cm²(同、2.0×5.0cm²)である。

圧縮試験は同じく曲げ試験終了後の試験片から厚さ38×幅70×長さ35mm(20mm厚さのボードについては未実施)の試験片を裁断し、押し出し方向と垂直な方向に0.5mm/minのスピードで荷重をかけた。なお、破壊面の断面積は3.8×3.5cm²である。

吸水試験は同じく曲げ試験終了後の試験片から、はくり試験と同じ大きさの試験片を裁断した。これを25℃の水中に24時間浸漬後、重量、長さ(押し出し方向)、幅の増加率を求めた。

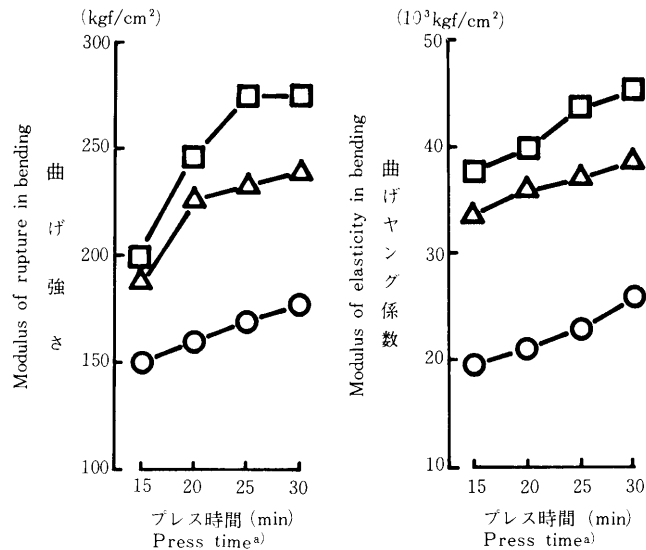
4.3.3 結果と考察

4.3.3.1 曲げ性能

ボード製造条件と曲げ強さ及び曲げヤング係数との関係を第16図(蒸気噴射なし)及び、第17図(蒸気噴射あり)に示した。

削片長が曲げ強さに及ぼす影響は、平盤法で得られるボードに対するものと同様で、当然のことながら削片長の長いものほど高い値を示した。また、プレス時間はほぼ25~30分で一定の強度値を示すようになるが、15分でも十分製板可能なことが分かった。

平盤プレス法で同じ40mm厚さのボード(比重、接着剤添加率同じ)を製造しようとしても20分ではパンクして製品とはならず、25分前後のプレス時間を必要とすることからも、製板可能なプレス時間にかなりの差があることが分かる。



第16図 削片長さ及びプレス時間が曲げ強さ及び曲げヤング係数に及ぼす影響 (蒸気噴射なし)

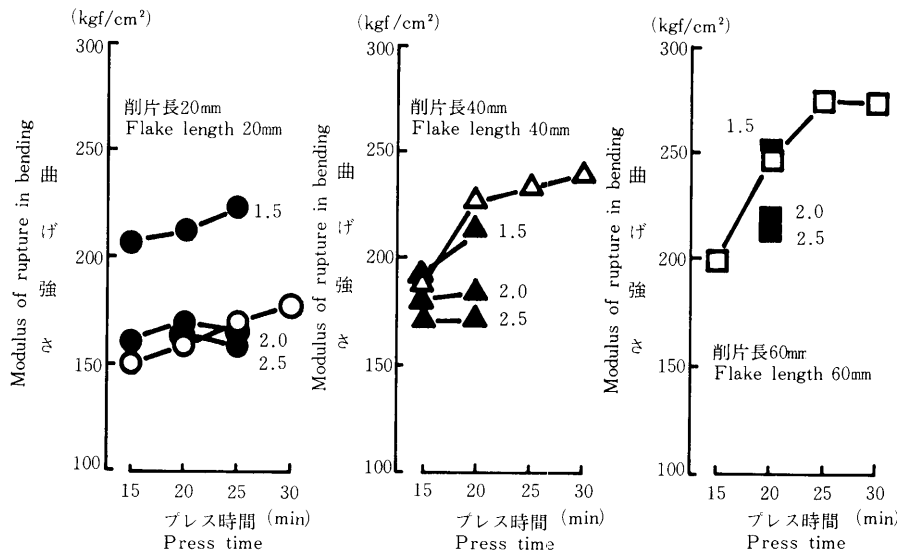
削片長20mm 削片長40mm 削片長60mm
(記号は以後の図について同じ)

a) 第6表参照

Fig. 16. The effect of flake length and press time on bending properties (without steam injection)

Flake length 20mm Flake length 40mm Flake length 60mm
(Symbols are the same in subsequent figures)

a) Refer to table 6



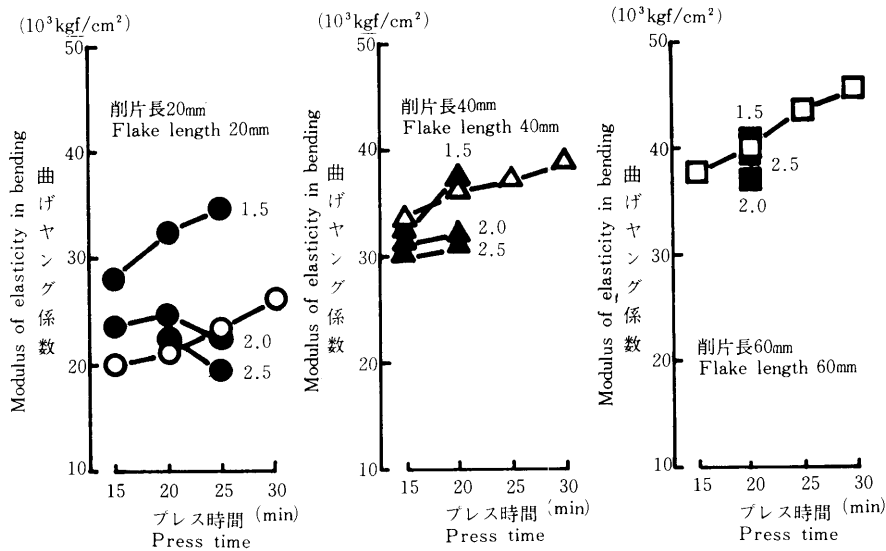
第17図 削片長さ及びプレス時間が曲げ強さ及び曲げヤング係数に及ぼす影響

白ぬき: 蒸気噴射なし。黒塗り: 蒸気噴射あり。
図中の数字は噴射蒸気圧力(kgf/cm²)。以下記号は同じ。

Fig. 17. The effect of flake length and press time on bending properties

: without steam injection. : steam injection.

The values in figure are pressure of injection steam. Symbols are the same in subsequent figures.



第17図(つづき)
Fig.17.(Continued)

我々の設計した押し出し成型プレスの熱盤は、通常の押し出し成型プレスのそれとは違って、蒸気噴射機構を備えており、たとえ蒸気を噴射しない場合でも、第4図及び第5図に示したように、蒸気噴射回路のドレン抜きを開放して大気圧下にしておくことにより、加熱されたボード中の水分が噴射孔から水蒸気となって逃げ、バンクしにくくなったものと考えられる。

曲げヤング係数についても削片長の効果は曲げ強さの場合と同じ傾向を示した。

蒸気噴射が曲げ強さに及ぼす影響は、削片長20mmの場合の噴射蒸気圧力1.5kgf/cm²の時が顕著であった。他の条件では蒸気噴射なしの場合と同等か、又はマイナスの効果しか認められなかった。噴射蒸気圧力は低いものほどその効果が認められ、1.5kgf/cm²が一番良かった。

曲げヤング係数についても蒸気噴射の効果は曲げ強さの場合とやや類似していた。曲げ性能全般についてみると、削片長の長いものほど蒸気噴射の効果は小さくなる傾向にある。

4.3.3.2 はくり強さ

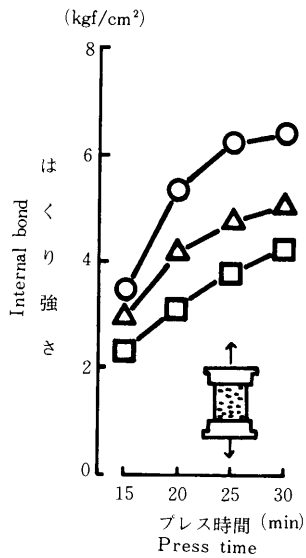
試験結果を第18図(蒸気噴射なし)及び第19図(蒸気噴射あり)に示した。

引張り荷重は押し出し方向とは逆の方向にかけた。この測定方法は削片の積層のされ方からみると、平盤法で得られるボードに当てはめた場合、板面に垂直な引張り強さに相当する。

図からも分かるとおり、削片形状がはくり強さに及ぼす影響は平盤法で得られたボードに対するものとほとんど同じ傾向を示し⁶⁾、20mm長さの削片を用いたものが一番強く、以下削片長40、60mmと長くなるに従って、全プレス時間を平均すると、20mm長さのものを原料としたときの80及び63%程度の値に低下した。プレス時間についてみると、この接着剤の性能を最大限に発揮させるためには30分程度の加熱時間を必要とすることが分かる。しかしそこまでの強さを必要としない場合はもっと短いプレス時間でも良いことになる。

蒸気噴射を行うことにより、極めて短時間に接着剤の硬化を促進できることが分かった。特に蒸気を噴射しない場合には削片長の長いものほどはくり強さが小さかったので、この効果は長い削片長に対して顕著であった。言い換えれば、削片長に関係なく蒸気噴射を行うことにより、同じレベルのはくり強さにすることができということである。

また、蒸気噴射を行うと、プレス時間が15分でも5kgf/cm²以上のはくり強度を示したことから、今回水準として取り上げなかった10分未満のプレス時間でも、十分製板可能と思われる。



第18図 削片長さ及びプレス時間がはくり強さに及ぼす影響 (蒸気噴射なし) (記号は第16図に同じ)

Fig. 18. The effect of flake length and press time on internal bond. (without steam injection) (Symbols are the same as Fig. 16)

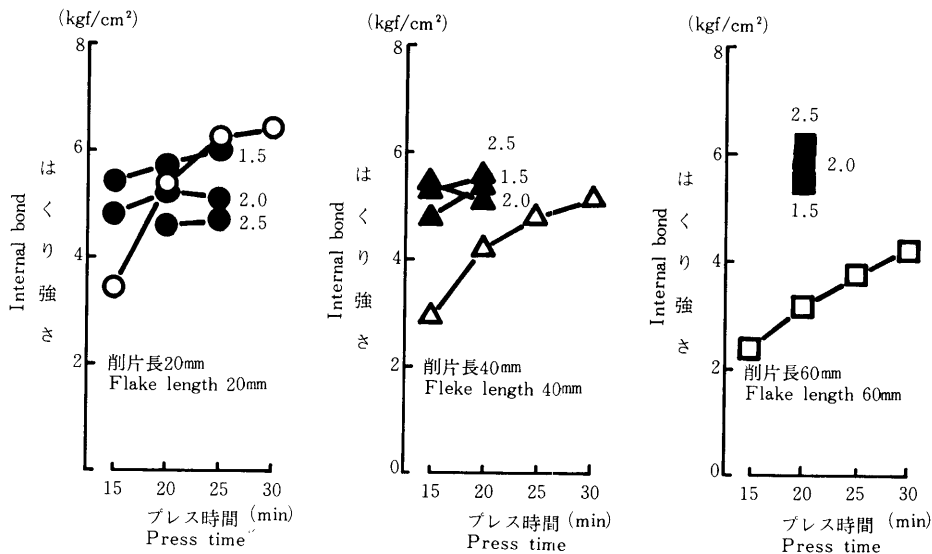
噴射蒸気圧力については、20mm削片長で低い圧力ほど高いはくり強さを示したが、全削片長を平均してみると、蒸気圧力の影響は小さいと言える

4.3.3.3 圧縮性能

試験結果を第20図 (蒸気噴射なし) 及び第21図 (蒸気噴射あり) に示した。

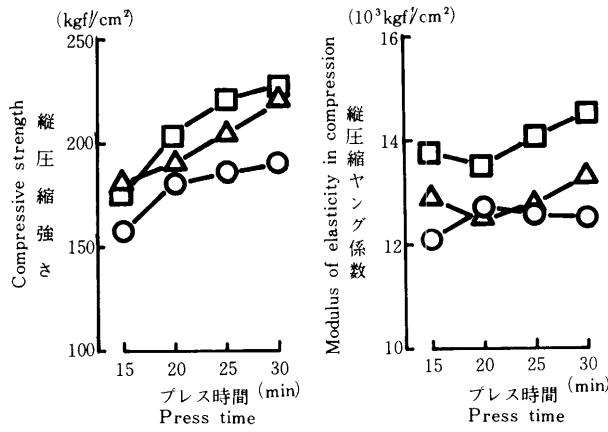
通常、パーティクルボードに対して圧縮性能が評価される例は少ないが、押し出し方向に対して直角に木取った細長い材料については、圧縮荷重がかかるような使用方法も想定されるので、縦圧縮試験を試みた。

縦圧縮強さは削片長の長いものほど大きな値を示すが、曲げ性能に比較すると削片長の影響は大きくないことが分かった。厚さ0.5mm、長さ60mmの削片を原料とする40mm厚さの配向パーティクルボード (平盤プレス法。接着剤添加率及びボード比重共に同じ) の縦圧縮強さは200~250kgf/cm²であることを考えると¹²⁾、20mm長さの削片を原料とした場合はやや弱い、40~60mm長さの削片を用いると、押し出し成型プレスによるパーティクルボードでも、削片の配向



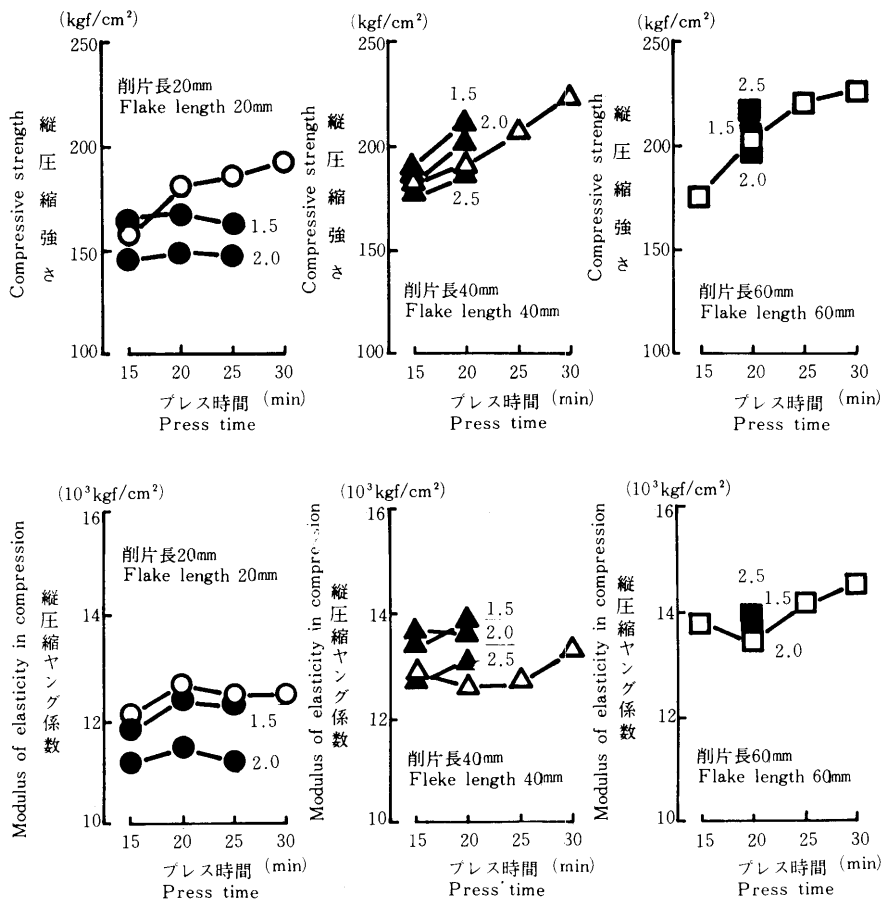
第19図 削片長さ及びプレス時間がはくり強さに及ぼす影響 (記号は第17図に同じ)

Fig. 19. The effect of flake length and press time on internal bond. (Symbols are the same as Fig. 17)



第20図 削片長さ及びプレス時間が縦圧縮強さ及び縦圧縮ヤング係数に及ぼす影響 (蒸気噴射なし)
(記号は第16図に同じ)

Fig. 20. The effect of flake length and press time on compressive properties. (without steam injection)
(Symbols are the same as Fig. 16)



第21図 削片長さ及びプレス時間が縦圧縮強さ及び縦圧縮ヤング係数に及ぼす影響
(記号は第17図に同じ)

Fig. 21. The effect of flake length and press time on compressive properties.
(Symbols are the same as Fig. 17)

効果が現れるためか、ほぼ同じ強さを示した。

縦圧縮ヤング係数についても削片長の長いものほど大きな値を示した。平盤法で作った配向パーティクルボードの同ヤング係数が $14 \sim 15 \times 10^3 \text{ kgf / cm}^2$ であるから¹²⁾、押し出し成型パーティクルボードでは60mm長さの削片を用いた場合にはほぼ同程度の値となり、20あるいは40mm長さの削片ではやや小さな値を示した。

蒸気噴射を併用した場合、削片長が20mmではマイナスの効果しか認められなかったが、40及び60mm長さの原料を用いた場合には、プラスの効果が認められた。蒸気噴射を行った場合、削片長水準が縦圧縮性能に及ぼす効果は、 $20\text{mm} < 40\text{mm}$; 60mmの傾向を示した。

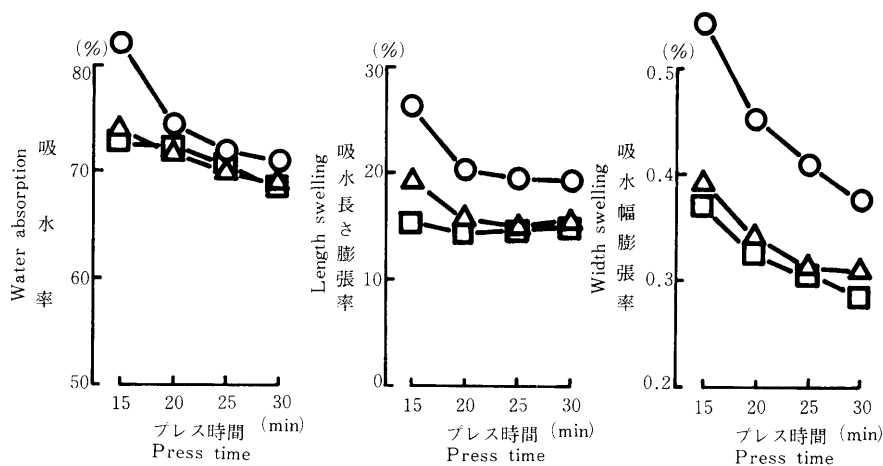
4.3.3.4 吸水性能

試験結果を第22図(蒸気噴射なし)及び第23図(蒸気噴射あり)に示した。

通常、ボードの耐水性向上のために添加されるパラフィンエマルジョンなどのサイズ剤は、本試験では添加していないので、吸水率については特に高い値を示している。プレス時間が十分長ければ70%前後の値になり、削片長さの影響も小さくなるが、いずれにしても平盤法で得られたボード同様に⁶⁾、削片長が長いものが低い(良い)値を示した。

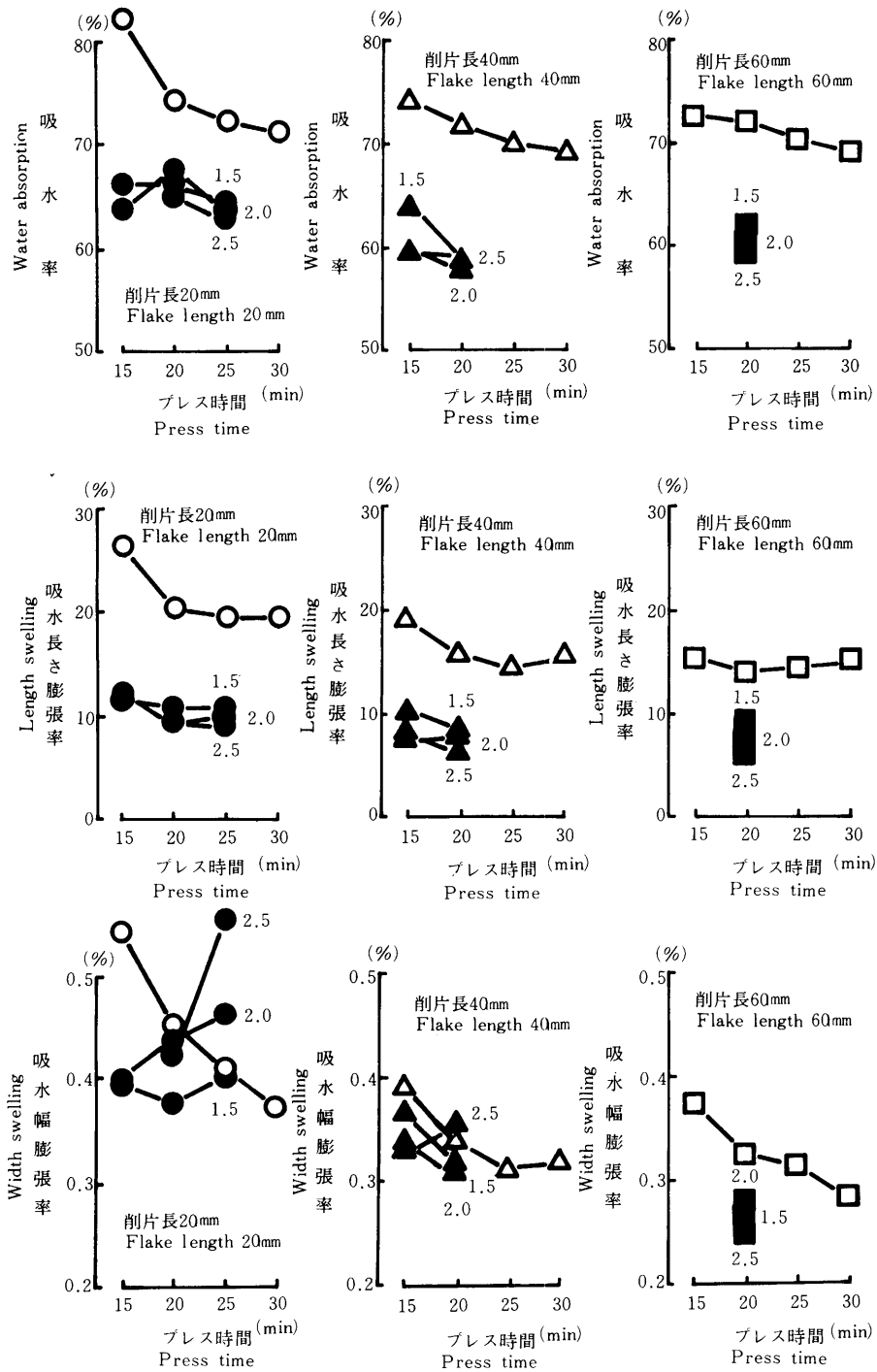
本試験で得られたボードの長さ方向(押し出し方向)の膨張率は、削片の積層のされ方からも、平盤プレス法で得られたボードの厚さ方向の膨張率と同じと考えられ、その絶対値も近似する値を示す。これも吸水率同様にプレス時間の影響が大きく、削片形状は長いものほど良い値を示した。

吸水時の膨張率が大きいことは、この種のボードの最大の欠点とされているが、この膨張率はほぼボード比重に比例して大きくなるのが分かっている。したがって、この欠点を改良するには比重の小さなボードを作れば良いことになるが、強度性能を考慮すると安易にボード比重を小さくすることはできないことになる。本試験においては20mm長さの削片を用い、20~30分のプレスを行うと、長さの膨張率はボード比重が0.5で15%、0.6で20%、0.7では24%になる。40あるいは60mm長さの場合もそれぞれ、11、15、19%で比重を小さくすることの効果は大きい。



第22図 削片長さ及びプレス時間が吸水性能に及ぼす影響(蒸気噴射なし)
(記号は第16図に同じ)

Fig. 22. The effect of flake length and press time on the water proofing properties, without steam injection
(Symbols are the same as Fig. 16)



第23図 削片長さ及びプレス時間が吸水性能に及ぼす影響
(記号は第17図に同じ)

Fig. 23. The effect of flake length and press time on the water proofing properties
(Symbols are the same as Fig. 17)

吸水によるこのボードの幅方向の膨張は、削片の配列の仕方からみると、平盤法で得られたボードの長さ方向の膨張に類似している。図からも分かるとおり、20mm長さのものに比較して40及び60mm長さのものがはつきりと良い結果を示しているが、これは熱盤の間に細長い削片を落とし込んだ時に、ボードの幅方向に削片が配向するためと考えられる。

蒸気噴射を行うと、吸水率はいずれの削片長についても10～15%低い値が得られるが、それでもまだ絶対値は大きい。しかし、長さの膨張に対しては蒸気噴射の効果は特に顕著で、削片長さに関係なく蒸気噴射をしない場合の1/2以下の膨張に押さえることができる。また、噴射蒸気圧力の効果は、吸水率及び長さの膨張に対していずれも高位の水準が良かったが、その差は大きくはない。吸水による幅方向の膨張については、若干のバラツキも見られるが、蒸気噴射の効果は認められる。

4.4 20mm厚ボードの材質

ボード厚さが20mmということは、押し出し成型ボードの欠点である異方性を矯正するオーバーレイ加工などを施すと、22～3mm程度の厚さに仕上がる計算になる。

現在生産されているパーティクルボードには、5mm以下の超薄物から最高45mm程度のもので、15種類以上の厚さの製品があり、それぞれの用途に合わせて使用されており、ここで得られる20mm強の厚さのボードは、厚さという面からみると市販製品の中では中程度に位置している。

4.4.1 20mm厚ボードの製造条件

この試験の中で取り上げた要因及び水準は第7表に示した。

第7表 20mmボードの製造条件
Table7. Manufacturing conditions for 20mm thickness board

プレス時間 Press time (min)	噴射蒸気圧力 Pressure of injection steam (kgf/cm ²)	削片長 Flake length (mm)		
		20	40	60
7.5	0	○	—	—
	1.5	—	—	—
	2.0	—	—	—
10	0	○	—	—
	1.5	○	—	—
	2.0	○	—	—
15	0	○	○	○
	1.5	○	—	—
	2.0	○	—	—

注： a) 第6表に同じ

Note: a) Same as table6.

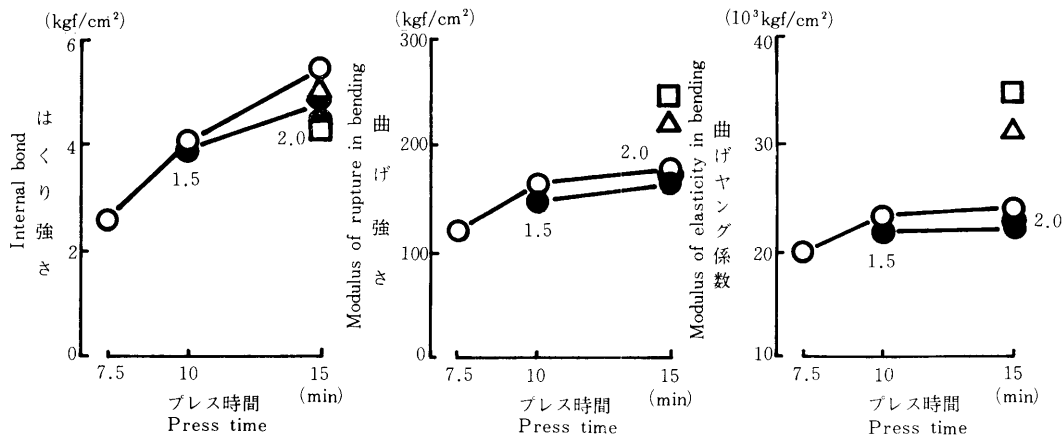
20mm厚ボードの製造試験においては、削片長20mmの原料を用いてプレス時間の効果を検討し、また、削片長の効果を検討する場合は、プレス時間を15分に固定して行った。

4.4.2 結果と考察

4.4.2.1 強度性能

強度的性質を一括して第24図に示した。なお、20mm厚ボードについては、縦圧縮試験は行っていない。

プレス時間の効果については、水準は異なるが40mm厚ボードと同様の傾向を示した。しかし、プレス時間15分の時の40mm厚ボードの性能と比較すると、はくり強さ、曲げ性能共に20mm厚ボードの方が高い。これはボード厚さが1/2ならば、同じプレス時間では熱盤間を流れる原料の量も1/2であるから、ボードの内部温度も上がりやすく、そのため接着剤の硬化も早くなるためと考えられる。



第24図 削片長さ及びプレス時間が強度性能に及ぼす影響
(記号は第17図に同じ)

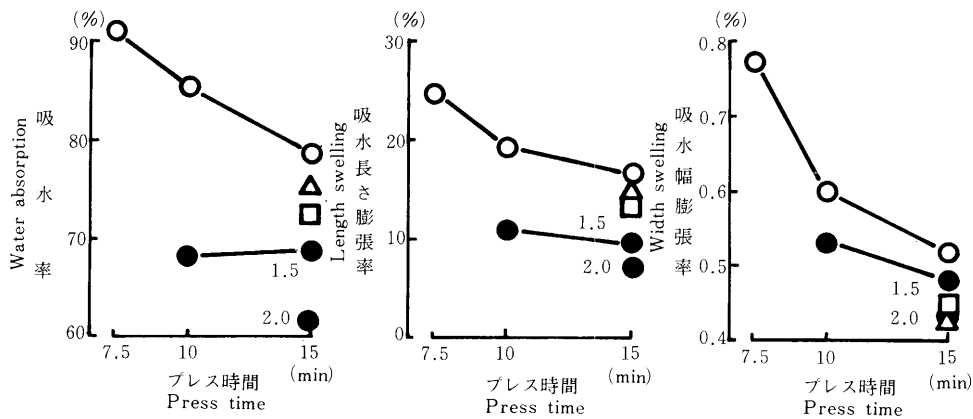
Fig. 24. The effect of flake length and press time on strength properties
(Symbols are the same as Fig. 17)

削片長の効果は、はくり強さに対しては短い方が、曲げ性能に対しては長い方が良く、40mm厚ボードについての結果と同じ傾向を示した。

強度的性質全般にわたって、蒸気噴射の効果は認められなかった。

4.4.2.2 吸水性能

吸水性能に関する試験結果を第25図に示した。



第25図 削片長さ及びプレス時間が吸水性能に及ぼす影響
(記号は第17図に同じ)

Fig. 25. The effect of flake length and press time on water proofing properties
(Symbols are the same as Fig. 17)

吸水性能全般に対するプレス時間の効果は、長いものほど良い傾向を示した。また、長さの膨張抑制に対する蒸気噴射の効果も十分認められ、噴射蒸気圧力の高い条件が吸水率や吸水による幅方向の膨張を含めて、全般的に良かった。

5. 押し出し成型プレスにおける蒸気消費量の測定

押し出し成型プレスは、その特徴の項でも述べたように、「連続成型のため熱圧成型時におけるヒートロスが少ない」という性質がある。押し出し成型法によるボード製造工程全般で、原料の乾燥工程を除けば、熱エネルギーを必要とするのは、この熱圧成型工程のみである。

5.1 試験方法

蒸気の噴射方法は第5図における「上から3, 4番目の位置で互い違いの方向に噴射する方法」(A法)と「4番目の位置で中央のボードに向かって両側の熱盤から同時に噴射する方法」(B法)によった。いずれも二面からの蒸気噴射である。この時に、熱盤を加熱(175を安定的に保持)するだけでどれ程の蒸気を消費するのか、又、蒸気を噴射しないで原料を流した場合にはどうなるのか、さらに蒸気噴射時に噴射蒸気圧力を1.5, 2.0, 2.5kgf/cm²と変化させた場合の蒸気消費量はどうか、等について測定した。プレス時間はA法については、15, 20及び25分、B法については15及び20分である。なお、この試験においては40mm厚のボードを製造した。

蒸気流量計はオーバル機器工業K.K.のオーバルGSメータ、型式はGS・051H-12(口径50mm, 許容圧力16kgf/cm², 同温度240)で、最小目盛は0.5kg(0.0005トン)の積算型である。

5.2 結果と考察

各試験条件について、1時間当たりの蒸気消費量(トン)を第8表に示した。表中0とあるのは蒸気を噴射しない状態を表している。

蒸気を噴射しない場合、プレス時間に関係なく、すなわち原料の供給量が変わっても、ほぼ一定の消費量であった。言い換えると、一度熱盤の温度が安定すると、原料の流れる量が変化しても蒸気の消費量がほとんど変わらないほど熱盤の熱容量が大きいということである。

熱盤加熱(175を保持)のための蒸気消費量は毎時0.0269トンで、これを熱損失分として第8表の各値より差し引いた値は原料を流した時の正味の消費量となる(第9表)。

なお、プレス時間15, 20及び25分の時の原料供給量はそれぞれ1920, 1440及び1152g/minであるから、1時間当たりのトン数に換算すると、それぞれ0.1152, 0.0864, 0.0691トン/hになる。これらの値から、原料1トン当たりの蒸気消費量を算出すると第10表のようになる。

これを見ても分かるように、一方の熱盤から他方の熱盤に向かって蒸気を噴射する方が、同じ2面からの蒸気噴射であるが、同位置の両側熱盤から蒸気を噴射する場合よりも、20%程度蒸気消費量が多い。

ところで、A, B両方法とボード材質との関係を比較すると、曲げ強さでA法が良く、はくり強さ、曲げヤング係数、縦圧縮強さ・同ヤング係数で両者ほぼ同じ、吸水特性ではB法が若干良いという結果が得られた(第11-1, 第11-2表)。したがって蒸気噴射の方法としては、少しでも蒸気消費量の少ないB法が良いように思われるが、この方法では両側熱盤から同時に蒸気を噴射するので、蒸気の逃げ道がなく、この時の熱気圧力が接着しかかっている削片同

第8表 押し出し成型プレスにおける単位時間当たりの蒸気消費量 (総量)

Table 8 Steam consumption, including heat loss, in extruding press. (Total) (ton/h)

噴射蒸気圧力 Pressure of injection steam (kg f/cm ²)	プレス時間 Press time ^{a)} (min)				
	15		20		25
	A ^{b)}	B ^{c)}	A	B	A
0 ^{d)}	0.0376	0.0374	0.0377	0.0370	0.0378
1.5	0.0864	0.0780	0.0968	0.0844	0.1073
2.0	0.1037	0.0910	0.1130	0.0985	0.1222
2.5	0.1139	0.0986	0.1224	0.1067	0.1310

- 注: a) 第6表と同じ
 b) 第5図において、上から3, 4番目の位置で互い違いの方向に噴射する方法
 c) 第5図において、4番目の位置で中央のボードに向かって、両側の熱盤から同時に噴射する方法。第9, 10表についても同じ
 d) 蒸気噴射なし

- Note: a) Same as table 6
 b) At steam injection positions no.3 and 4, shown in Fig 5, Steam is injected to opposite directions to each other.
 c) At steam injection position no.4, shown in Fig 5, steam is injected to central board simultaneously from both side platens.
 d) without steam injection.

第9表 押し出し成型プレスにおける単位時間当たりの蒸気消費量 (正味)

ble9 Steam consumption, without heat loss, in extruding press. (Net) (ton/h)

噴射蒸気圧力 Pressure of injection steam (kg f/cm ²)	プレス時間 Press time ^{a)} (min)				
	15		20		25
	A ^{b)}	B ^{c)}	A	B	A
0	0.0107	0.0105	0.0108	0.0101	0.0105
1.5	0.0595	0.0511	0.0699	0.0575	0.0804
2.0	0.0768	0.0641	0.0861	0.0716	0.0953
2.5	0.0870	0.0717	0.0955	0.0798	0.1041

- 注: a) 第6表と同じ
 b), c) 第8表と同じ
 Note: a) Same as table 6.
 b), c) Same as table 8.

士を引き離す力となって作用することになる。特にプレス時間が短く、噴射蒸気圧力が高い場合には、その時のはかり強さよりも蒸気圧力が大きく、ボードが引き裂かれて熱盤の下から飛び出して来るといった現象が観察され、状況によってはB法が必ずしも良い方法とは言えないことがある。

ところで、押し出し成型プレスに関して得られた蒸気消費量から、その特徴にも述べられているように、本当にヒートロスが少ない省エネルギータイプの装置とすることができるのであろうか。林産試験場に設置されている乾式繊維板製造プラント(原料処理量250~400kg

第10表 押し出し成型プレスにおける単位原料当たりの蒸気消費量
Table 10 Steam consumption, without heat loss, in extruding press.
(ton/ton of board)

噴射蒸気圧力 Pressure of injection steam (kg f/cm ²)	プレス時間 Press time ^{a)} (min)						
	15			20			25
	A ^{b)}	B ^{c)}	A/B	A	B	A/B	A
0	0.0929	0.0911	1.02	0.1250	0.1169	1.07	0.1577
1.5	0.5165	0.4436	1.16	0.8090	0.6655	1.21	1.1635
2.0	0.6667	0.5564	1.19	0.9965	0.8287	1.20	1.3792
2.5	0.7552	0.6224	1.21	1.1053	0.9236	1.20	1.5065

注: a) 第6表と同じ
b), c) 第8表と同じ
Note: a) Same as table 6.
b), c) Same as table 8.

第11-1表 蒸気噴射方法がパーティクルボードの材質に及ぼす影響
Table 11-1 The effect of steam injection method on the properties of particleboards

プレス時間 Press ^{a)} time (min)	噴射蒸気圧力 Pressure of injection steam (kg f/cm ²)	曲げ強さ Modulus of rupture in bending (kg f/cm ²)		曲げヤング係数 Modulus of elasticity in bending (10 ³ kg f/cm ²)		内部結合力 Internal bond (kg f/cm ²)		縦圧縮強さ Compressive strength (kg f/cm ²)		縦圧縮ヤング係数 Modulus of elasticity in compression (10 ³ kg f/cm ²)	
		A ^{b)}	B ^{c)}	A	B	A	B	A	B	A	B
		15	1.5 2.0	208 160	169 135	28.1 23.6	30.4 23.6	5.4 4.8	5.1 4.8	164 146	170 146
20	1.5 2.0 2.5	211 169 163	151 139 122	32.4 25.0 22.6	27.7 24.3 21.5	5.7 5.2 4.6	4.8 4.8 4.4	165 149 152	162 160 —	12.4 11.5 11.1	12.1 11.6 —
平均 Average		182	143	26.3	25.5	5.1	4.8	155	159	11.6	11.2

注: a) 第6表と同じ
b), c) 第8表と同じ
Note: a) Same as table 6.
b), c) Same as table 8.

第11-2表 蒸気噴射方法がパーティクルボードの材質に及ぼす影響

ble11-2 The effect of steam injection method on the properties of particleboards.

プレス時間 ^{a)} Press time (min)	噴射蒸気圧力 Pressure of injection steam (kg f/cm ²)	吸水率 Water absorption (%)		長さ膨張率 Length swelling (%)		幅膨張率 Width swelling (%)	
		A ^{b)}	B ^{c)}	A	B	A	B
		15	1.5 2.0	66.2 63.6	65.3 62.4	11.3 11.9	10.6 9.9
20	1.5 2.0 2.5	66.3 67.8 65.8	64.0 59.8 59.7	10.7 9.5 9.6	11.0 9.0 8.7	0.38 0.44 0.42	0.36 0.38 0.39
		65.9	62.2	13.6	9.8	0.41	0.38

注: a) 第6表と同じ
b), c) 第8表と同じ
Note: a) Same as table 6.
b), c) Same as table 8.

/h) について、鈴木らが検討した結果があるので²⁵⁾、ホットプレスの工程のみ抜粋して比較検討してみた(第12表)。

第12表 押し出し成型プレスと平盤プレスの蒸気消費量比較
 able12 The comparison of steam consumption in extruding press with
 that in pilot scale flat press. (ton/ton of board)

プレス種類 Kinds of press	噴射蒸気圧力 Pressure of injection steam (kgf/cm ²)	正味 Net	損失 Loss	合計 Total
押し出し成型プレス Extruding ^{a)}	0	0.093	0.234	0.327
	1.5	0.517	0.234	0.751
	2.0	0.667	0.234	0.901
	2.5	0.755	0.234	0.989
平盤プレス Flat press ^{b)}		0.220	1.520	1.740

注：a) プレス時間 15分，生産量 115kg/h

b) 熱盤サイズ 1000×2000mm，10段生産量 400kg/h

Note：a) press time 15min，capacity 115kg/h

b) platen size 1000×2000mm，10 openings，capacity 400kg/h

当场ホットプレス（3×6サイズ、10段）のプレスサイクルは、製品ボード厚さ3.5mmで8分であるから、1時間7サイクルとして、生産量は約400kg/hとなる。押し出し成型プレスでプレス時間15分の時の1時間当たりの生産量は約115kgであるから、10段ホットプレスのほぼ30%の能力である。製品1トン当たりの蒸気消費量で表示した結果を比較してみると、正味の消費量は蒸気を噴射することにより多くなるが、噴射しない場合には約1/2以下の消費量で済み、更にいわゆるロス部分が押し出し成型プレスでは非常に少ないことが分かる。ただホットプレスと同程度の生産量までスケールアップすると、正味の蒸気消費量は原料処理量も増えるので単位原料当たりの蒸気消費量には大きな変化は見られないものと思われるが、損失分は比例して増えるであろう。しかし、それでも平盤ホットプレスほどの熱損失はないものと思われる。これはやはり、ホットプレスの場合、熱盤開閉時の熱損失が意外に大きいことを意味しているのではなかろうか。さらに押し出し成型プレスでは通常の平盤ホットプレス法で必要とする成型工程、ローダー、アンローダーなどが不必要なことから、これを動かす電力などのエネルギーも必要としないメリットもある。

6. 結言

小規模生産パーティクルボードの製品価格や設備費等の経済性検討に入る前段として、小型の押し出し成型プレスを設計、試作して、カラマツ間伐材を原料とするパーティクルボードの製造試験を行った。

ところで、パーティクルボードの道内消費は、昭和59年の統計で全国生産量88万5千m³（比重0.65として57万5千トン）のわずか1.3%の1万1500m³（同、7500トン）にしかすぎない。しかも昭和59年は前年実績の58%と大幅にダウンしているのが実情である。

本研究のような「小規模生産」即「押し出し成型法」という発想は一見突飛に思えるかもしれない。しかし、現在の日本においてはこれまでのパーティクルボード製造方法で、5千～1万トン規模の小規模生産体制の工場を設立することは、極めて、困難であろう。なぜなら、経済的に成立する最小生産規模として年間4万トン前後が限界と考えられており、新規にこの程度の規模の工場を建設しようとすれば、30～50億円もの膨大な設備費が必要と言われていたからである。しかも、生産規模を半分にしてもこの金額はそれほど低減せず、設備費という面からも、小規模生産工場が立地しにくい原因がある。

押し出し成型方式によるボード製造は、少なくとも現在のパーティクルボード製造方式の中では、その地位は残念ながら低いと言わざるを得ない。その最大の原因はやはり製品の異

方が大きいことであろう。しかし、蒸気噴射をしないこれまでの押し出し成型法によれば、中空の厚物ボードの製造が可能で、ここで検討を加えた蒸気噴射法を併用すれば、ソリッドの厚物ボードの製造も可能である。もちろん15～20mm前後の中程度の厚さのボード製造も比較的簡単にできる。

昨今、ボードに対して要求される性能は、そのボードの使用部位によって異なってしかるべきである、という考え方が強くなっている。これまでは、パーティクルボードという製品がまず存在し、「これこれの性質」があるので、「建築あるいは家具にも使用できるであろう」という発想であった。これからは、例えば同じ建築用途でも、床下地材には「こんな性能が必要」とか、「壁面材にはこんな性能がなければ使えない」とか、言い換えれば、用途がまずあって、その用途に供されるためにはボードとして「こんな性能がなければならない」、そのためには「こういう製造条件あるいは製造方法で製造されたボードでなければならない」という考え方である。今、こういう発想のもとで「成型板の建築部位別要求性能と製造条件」という命題で、林産試験場の別のセクションにおいて、早急に取りまとめられようとしている。

そのためにも、ボードの長所と欠点を十分理解した上での使用が今後ますます重要になるであろう。押し出し成型パーティクルボードにも多くの長所と欠点がある。しかし、要求性能によっては押し出し成型パーティクルボードと言えども、十分入り込む余地があるものと思われる。

ここでは、カラマツ間伐材を原料としていること、さらに使用接着剤もフェノール樹脂接着剤に限定した試験であることなどから、このような狭い範囲の試験で押し出し成型法を評価するには多くの問題点もあるであろう。しかし、押し出し成型法 蒸気噴射法という既存の技術の組み合わせで行った本研究が、押し出し成型法の見直しに少しでもつながれば幸いである。

本研究の遂行に当たり、林産試験場長信太寿氏、同林産化学部長峯村伸哉氏には終始御激励と有益なる御意見をいただいたことに深く感謝の意を表します。

また、押し出し成型プレスの設計に当たっては池内ベニヤ工業株式会社若山一比古、関崎哲矢及び相馬剛の三氏の有益な御助言をいただくこと、実装置での試験の許可をいただき、厚く御礼申し上げます。

7. 要約

現在、道内においてはカラマツ間伐材が、さらに近い将来にはトドマツ間伐材などが、いわゆる人工造林の施業過程で多く出材されることが予想される。そのため間伐促進という面からも、小径木の利用技術開発は急務と言えよう。

しかし、大量に小径木を必要とする用途開発は必ずしも順調に進んでいるとは言えない。かつてカラマツ間伐材を原料とするボード工場設立の話は、間伐材の大量消費につながるとして、林業側の期待を一心に集めたこともある。

北海道には以前多くのボード工業が操業していた。しかし、大消費地から遠く離れていたこともあって、その多くは本州企業との価格競争に敗れ、現在ではパーティクルボード工業が一社稼働しているにすぎない。

このような背景から、押し出し成型法・蒸気噴射法という既存の二つの技術を組み合わせた製造装置を製作し、カラマツ間伐材を原料とするボードの製造試験を行った。

これまでの押し出し成型パーティクルボードは国内外とも工場残廃材を主原料としていたため、強度性能がやや弱く、又、パーティクルボードの製法に関係なく、寸度変化が大きい

という性質を持っていた。

そこで、丸太から得られる大型削片を原料とすることで強度性能の向上を計り、蒸気噴射法によりプレス時間の短縮と寸度安定性の向上を計ることを目的として装置の設計と試験を行い、以下の結果を得た。

第3章では、大型削片を使うことによるトラブルを防止するまめ、押し出し成型プレスの原料供給部分の改善を行った(第2図)。原料の供給はベルトコンベアーとピッカーロールにより定量化を計った。

蒸気噴射熱盤の長さや構造の決定に当たっては、予備試験の結果から、長さは200cmとし、加熱系蒸気回路と噴射系蒸気回路を一枚の熱盤の中にそれぞれ独立させた型で組み入れた。蒸気噴射回路は200cmの熱盤を6個のセクションに分け、入口部分と出口部分を除いた4カ所に作った(第4図)。したがって全プレス時間の最大4/6の時間を蒸気噴射に当てることができる。また、互いに向かい合った箇所においては、両側の噴射孔から同時に中央のボードに向かって蒸気を噴射させたり、あるいは一方の熱盤に向かって蒸気を噴射させ、次のセクションでは逆方向に噴射させることも、パルプの操作一つで簡単にできるように設計されている(第15図)。

安定した材質を有するボードを製造するためには、ボード比重を一定にしなければならず、そのためには、原料を押し込む時の駆動モーターにかかる抵抗をアンペアとして取り出し、これを一定に保つように、熱盤の出口の間隙を調節してやると良いことが分かった。この時の抵抗(y)とボード比重(x)との間には次の関係があることが分かった。

$$y = 24.27x + 8.97 \quad r = 0.879$$

第4章では、これまであまり検討が加えられていない押し出し成型パーティクルボードの基礎的性質の把握に努めた。

厚さ方向の比重パターンは高比重ボードほど中心部が高く、表層部が低比重になることが分かった。これは平盤法で得られるパーティクルボードについての試験結果とは逆の傾向である。

曲げ試験における荷重方向として、ボード板面に垂直に荷重をかける場合(A)と、平行に荷重をかける場合(B)を想定して試験を行った。ボード比重が0.6の場合、曲げ強さはA法で273kgf/cm²、B法では277kgf/cm²であった。曲げヤング係数はそれぞれ、44、40 × 10³kgf/cm²であった。

押し出し成型パーティクルボードの長さ方法(製造方向)とそれに直角な方向の材質差は曲げ強さで26倍、曲げヤング係数で44倍であった。しかし、1.6mm(曲げヤング係数113 × 10³kgf/cm²)又は2.6mm(同、137 × 10³kgf/cm²)厚単板を各一枚表裏面にオーバーレイすることで、異方性は大幅に改善された。両方向の強度差は2倍以下になり、実用上問題とはならない異方性である。

40mm厚さのボードについては、15分程度の比較的短いプレス時間で成型可能であった。平盤法では同一比重、同一接着剤添加率のものを製造する場合、25分前後のプレス時間を要した。

40mm厚さのボードの曲げ性能に対しては長い削片長のものが、はくり強さに対しては逆に短い削片長のものが良く、これは平盤法で得られるボードについて得られた結果と同じである。曲げ強さは20mm削片長で平均164kgf/cm²、40mmで222kgf/cm²、60mmでは248kgf/cm²であった。曲げヤング係数についてはそれぞれ28.7、36.6、11.8 × 10³kgf/cm²であった。また、はくり強さはそれぞれ5.3、4.3、3.4kgf/cm²であった。更に吸水による長さの膨張と幅の膨張に対しては、いずれも長い削片長のものが良かった。厚さの膨張に対しては削片長の影響

は認められなかった。

蒸気噴射の効果ははくり強さの向上に対して特に顕著であった。蒸気噴射をしない場合、プレス時間15分でははくり強さが $3.4\text{kgf}/\text{cm}^2$ であったが、蒸気噴射を行うと $5.4\text{kgf}/\text{cm}^2$ になった。

また、曲げ強さについては、20mm長さの削片長を用いて蒸気噴射をしない場合、 $164\text{kgf}/\text{cm}^2$ であったが、 $1.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ の噴射蒸気圧力で蒸気噴射を行うと $214\text{kgf}/\text{cm}^2$ で向上した。強度性能に対しては噴射蒸気圧力は低位の水準が良かった。

吸水性能に対しても蒸気噴射の効果が大きく、高位の水準が良い傾向を示した。特に長さの膨張については、蒸気噴射なし、20mm削片長、プレス時間15分の条件で26.2%であったものが、 $1.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ の噴射蒸気圧力で蒸気噴射を行うと11.3%まで向上することが分かった。

20mm厚さのボード材質に対するプレス時間、削片長の効果は、40mm厚さのボードにみられた傾向と同じであった。厚さが半分の20mm厚ボードは7.5分でも成型可能で、15分のプレス時間では40mm厚ボードのはくり強さや曲げ性能よりも高い値を示した。例えばはくり強さは40mm厚ボードで $3.4\text{kgf}/\text{cm}^2$ のものが20mm厚ボードでは $5.4\text{kgf}/\text{cm}^2$ であった。

20mm厚ボードの場合、強度性能に対しては蒸気噴射の効果は認められなかったが、吸水性能に対しては40mm厚ボード同様、認められた。

第5章では、押し出し成型プレスにおける蒸気消費量を測定したところ、プレス時間15分で蒸気噴射をしない場合、正味の蒸気消費量は原料1トン当たり0.093トンで、損失分は同じく0.234トンであった。

この損失分は林産試験場に設置されている10段ホットプレスの生産量までスケールアップ（約3.3倍）したと仮定しても、押し出し成型プレスの方が小さいものと思われる。

文 献

- 1) 日本繊維板工業会：木材の高度利用とともに、25年のあゆみ (1982)
- 2) Maloney T.M. : Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing, pp 39~80 (1977)
- 3) Kollmann F. F. P., Kuenzi E. W., Stamm A. J. : Principles of Wood Science and Technology II, Wood Based Materials pp 440 (1975)
- 4) 北原覚一, 丸山憲一郎：ファイバーボード・パーティクルボード, pp 176 (1964)
- 5) 伊本正雄：西独のパーティクルボード工業, 木材工業, Vol. 30, No. 4, pp 160~163 (1975)
- 6) 松本章, 穴沢忠, 西川介二, 布村昭夫：パーティクルボード製造における削片形状のボード材質に及ぼす影響, 林産試月報, No. 366, pp 12~18 (1982)
- 7) 穴沢忠, 松本章, 西川介二, 布村昭夫：道南スギを用いた建築用パーティクルボードの試作, 林業技術研究発表大会輸文集, pp 245~246 (1982)
- 8) 日本繊維板工業：ハードボード・パーティクルボード・インシュレーションボード, No. 104, pp 15~20 (1985)
- 9) Shen K. C. : Steam-Press Process for Curing Phenolic Bonded Particleboard, F. P. J., Vol. 23, No.3, pp 21~29 (1973)
- 10) Thoman B. J. and Pearson R. G. : Properties of Steam-Pressed Particleboard, F. P. J., Vol. 26, No.11, pp 46~50 (1976)
- 11) 西川介二, 松本章, 新納守：スチームプレスによる厚物中比重ファイバーボードの製造, 林産試月報 No.337, pp 7~12 (1980)
- 12) 西川介二, 穴沢忠, 松本章, 波岡保夫：カラマツ間伐材を原料とした構造用パーティクルボードの製造(1), 林産試月報, No.359, pp 1~5 (1981)
- 13) 西川介二, 松本章, 穴沢忠, 布村昭夫：カラマツ間伐材を原料とした構造用パーティクルボードの製造(2), 林産試月報, No.380, pp 1~10 (1983)
- 14) カタログ, Save costs by Stramit, Kommanditbolaget Halmplattor Nils Ryberg & Co.
- 15) Stramit Boards LTD's New Plant at Eye Suffolk, Board, September. pp 193~198 (1963)
- 16) 渡辺治夫, 荒川栄二, 小野寺徳子：押し出し方式によるパーティクルボードの製造実験, 木材工業, Vol. 14, No.6. pp 274~279 (1959)
- 17) 浜田良三, 前田悦子：林産廃材の利用に関する研究(1)木材パーティクルの配向成形について, 近畿大学農学部紀要, No.12, pp 63~69 (1979)
- 18) 浜田良三, 長尾悦子：垂直プレス法パーティクルボードを芯材とする複合合板の性質, 材料, Vol. 28, No.8, pp 705~710 (1979)
- 19) 若山一比古：カラマツ材に新用途を開発, 商工センター, pp 20~28 (1980)
- 20) 浜田良三：3方向に寸度定性を有するパーティクルボードの製造方法および装置, 公開特許公報 昭52-139179 (1977)
- 21) DIN 68764-1 : Spanplatten Strangpressplatten für das Bauwesen, Begriffe, Eigenschaften, Prüfung, Überwachung (September 1973)
- 22) DIN 68764-2 : Spanplatten Strangpressplatten für das Bauwesen, Beplanke Strangpressplatten für die Tafelbauart (September 1974)
- 23) 斉藤藤市, 穴沢忠, 光永隆一, 北沢政幸：パーティクルボードの比重構成とその機械的性質, 林産試験場研究報告No.45 (1965)
- 24) Gressel P. : Spanplatten für das Bauwesen, Prüfmethoden-Eigenschaften-Korrelationen, Holz als Roh-und Werkstoff Vol. 39, No. 2, pp 63-78 (1981)

25) 鈴木弘, 池田修三, 高橋裕, 森山実: 乾式繊維板に関する研究(2) プロセス計算について,
林産試験場研究報告No. 43 (1965)