

ファイバーボードの熱圧乾固に関する研究（第1報）

ハードボードの熱圧におけるファイバー マット中の水分の挙動について

高 村 憲 男⁽¹⁾

I 緒 言

ファイバーボードの製造において、ファイバーマットの乾固または熱圧による成板の工程が最も重要な段階の一つであることは論をまつまでもない。この成板処理によつて木質繊維間に安定した強固な結合力をもたらし、すぐれた製品を産み出すためには、まずその反応機構を解明することが本質的な課題であるといわなければならない。しかしながら、従来は経験的判断によつて工程因子を決定する場合が多く、反応の本質に関しては、多くの未知の分野を残したまま今日に至っている。したがつて、現今ようやく成長期に達したといわれるファイバーボード工業の技術を、真に科学的基盤の上に立たしめ、今後の永続的発展に資するためには、熱圧乾固工程における木質繊維の理化学的変化の本質をはあくし、合理的な成板の技術を開拓することが大きな課題であろう。しかし現在、われわれが駆使しうる研究手段をもつてしては、その本質を解明することは容易ならざるわざといわざるを得ず、また本分野に関する研究は、内外国ともにいまだその例がきわめて乏しいが、本課題の重要性を痛感し、あえて本研究に着手したしだいである。

一般的にボードの構成因子を考えると、まず第1には骨格材料としてのファイバー自身の固有強度¹⁾があり、次にファイバーが互いにかみ合うことによつて機械的に結合するところの摩擦強度²⁾が考えられ、第3の因子としてファイバー相互間に形成される種々の接着力³⁾がある。これらの因子が互いに組み合わせられてボードとしての力が構成されるものと考えられるが、それぞれの因子が占める比率はボードの種類によつて著しく異なることは当然である。インシュレーションボードの成板は、現今のすべての方式が湿式によりマットを抄造し、ドライヤーまたは天日により乾燥する方法を採っているが、このような方法では、紙用パルプのごとく低リグニンパルプでない限り、ファイバー間の接着力はほとんど期待できないものと考えられ、ファイバー間の摩擦力が相当な比重を占めることが想像される⁴⁾。これに対してハードボードの熱圧成板は種々異なる方法が行なわれているが、いずれもいわゆる加熱圧縮によつて形成される点から、広義の可塑的变化として見るべき面が多いように考えられる。すなわち、熱圧によつてファイバー間接着力の生成が、ボード構成の重要な因子として作用するに至るものと推察される。現在行なわれている熱圧方式のうち普遍的なものは、(1) 湿式によりマットを抄造し、その片面にワイヤースクリーンを当てて、直ちに熱圧するものである。また、最近新たに現われたものとして、(2) 乾式、すなわち空気を分散媒体としてマットを抄造し、片面にワイヤースクリーンを当てるか、あるいは両面ともに化粧当板を当てて熱圧する方法があるが、この場合には接着剤を用いることが必要である。このほか、(3) インシ

(1) 林産化学部パルプ繊維板科繊維板研究室員

レーションボード状に成板乾燥したマットに、両面ともに化粧当板を当てて熱圧する方法などが実施されている。

以上のごとく、ハードボードの成板方法は大きく3種類に区分することができるが、これらのいずれにおいてもマットの熱圧条件は、その含有水分によつて著しく支配され、(1)法においては通常60%以上の水分(湿量基準含水率、以下同様)をともなうマットを熱圧するために、水分の散逸を促進する目的でワイヤースクリーンを片面に使用することが必要である。また、通常ガス抜き(Breathing)と称する低圧力圧縮を行ない、水蒸気の放出を促す処理を施す。このような処理により、できるかぎり短時間でマットをほぼ無水状態にまで乾固することにより、ボードの成板が可能となる。もしこれらの処理を誤れば、除圧時にマットに内蔵された水分の蒸気圧のため爆発的に破壊される場合が多い。したがって本法においては、常にマットの片面がワイヤースクリーンを介して外気に接した、いわば開放された状態において熱圧されるので、マット中の水分は比較的自由に外部に放出され、原理的には水分の放出が終了するまではマットの内部温度は100°Cをあまり越えないものと考えられる。(2)法においては接着剤を加えて後、両面平滑の場合はマット水分約8%以下、また片面平滑の場合は23~29%に調整し、熱圧を行なう。前者の場合には、熱圧中にマットの両面ともに当板でおおわれるので、内部の温度上昇が比較的快速で、かつ水分の放出も僅少である。したがって、熱圧の終期まで水分の大半がマット中に残留するから初期水分には限界がある。後者の場合には、初期水分が前者に比し著しく高いために、ワイヤースクリーンを使用しなければならない。そのため、マット内部温度の上昇は前者より緩慢である。しかし、初期水分が高いため、マットの被圧縮性(Compressibility)は前者より良好で、接着剤の使用量が比較的少なくてよいとされている。(3)法においては熱圧前にマットを乾燥し、ほぼ全乾状態にするため、他法において常用されるところの温度および圧力では、ファイバー間の結合がほとんど得られず、ボードを形成し得ない。したがって、きわめて高温高圧下において熱圧することが必要である。

以上に述べたごとく、ファイバーマットの含有水分の条件に応じて、熱圧工程における適用条件が著しく異なるのであるが、このことから水分の演じる役割がきわめて重要であることが十分にうかがわれるにもかかわらず、その反応の本質については、まだほとんど解明されていない。本報においては、特に熱圧時のマット含水率が、ハードボードの品質におよぼす影響に関して得られた知見について報告する。

この研究を行なうにあたって、終始懇切なる、ご指導と援助とを賜わった当場林産化学部長米沢保正博士、同前部長田窪健次郎博士に対し衷心から謝意を表するしだいである。

II 水分の挙動に関する実験

II-1 実験方法

II-1-1 供試材料

当場浅川実験林(八王子市)産の35年生アカマツを原料とし、剥皮後チップ化し、アスプルンド・ディファイブレーターC型(スウェーデン製、解繊部100HP)により連続蒸煮解繊を行なった。用いた水蒸気圧力は10 kg/cm²(ゲージ圧)で、蒸煮解繊所要時間は約140秒間と推定される。得られた粗パルプのフリーネス(ディファイブレーター・フリーネステスターによる、以下同様)は12秒である。この後、実験室型スプラウト・ワルドロン・シングルアクション・ディスクリファイナー(米国製、10HP、ディスク直径12")により17804・A菌(ディスク外周にダムが付いている精砕用プレート)を用い、プレート

間隙 0.20 mm, パルプ供給速度約 60 g (全乾)/min にて常温精砕を行なった。精砕後のパルプフリーネスは 21 秒である。

かくして得られたパルプを試料として以下の実験を行なった。

II-1-2 ホーミング

マットの成形は 40×40 cm の、ため抄き減圧脱水型ホーミングマシンにより、1 枚分のパルプ量 720 g (全乾) を用いてウェットホーミングし、これを圧縮圧 10 kg/cm² で、室温下に 30 秒間予備圧縮を行なった。

II-1-3 ファイバーマットの水分調整

本研究の目的である熱圧中におけるファイバーマット中の水分挙動を、定量的にはあくするため、熱圧前のマット水分量を任意に規整する方法として、次のごとき処理をおこなった。すなわち、前記のごとく、成形したウェットシートを 100~105°C の熱風乾燥室内において恒量に達するまで乾燥し、この後スプレーガンを用いてマットの両表面に等量の水分を噴霧し、一定の水分量を添加した。したがって、この状態においては水分がマットの表面のみに付着しているが、後述の熱圧処理に際して、これらの表面付着水分がきわめて均一にマットの内部にまで浸透し、反応がマットの全域において均質に進行していることが認められる。

II-1-4 熱 圧

緒言に述べたごとく、マットの片面にワイヤースクリーンを当てて熱圧するウェット・プレッシング法においては、熱圧中にマット中の水分は比較的自由に連続的に外部に放出され、熱圧終期にはほぼ無水状態に達する。したがって、熱圧中の水分の挙動をできるかぎり定量的に知る上において、複雑な因子が介在してくるため問題の解析が非常に困難になることが考えられるので、本研究ではマットの両表面ともにステンレス鋼製の鏡面仕上げ化粧板を当てて熱圧に付した。化粧板にはあらかじめ離型用シリコン樹脂（東京芝浦電気製、シリコーンワニス TS 917 S）を塗付し、150°C にて 3 時間焼付けを施して使用した。

本報においては、熱圧における諸要因のうち、次の項目について数水準を選び試験を行なった。

II-1-4-1 ファイバーマットの水分

前述のごとき方法により、全乾ファイバーマットに水分を添加して、含水率（湿量基準）を 0, 5, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20% の 9 水準とした。また、他の要因についての試験には含水率 14% に調整したものをを用いた。

II-1-4-2 パルプフリーネス

使用するファイバーの微細度の影響を知るため、一応従来のフリーネスを尺度にし、リファイナー処理の回数およびプレート間隙を変えることにより、パルプフリーネス 12, 21, 48, 93 秒の 4 種類のパルプを調製した。他の要因については、すべてフリーネス 21 秒のパルプを使用した。またファイバーの結合にあずかる因子として、ファイバー間のからみ合いと、ファイバー間化学結合のいずれが支配的となるかを考察する手がかりをうるため、2 枚のファイバーマットを単に積み合わせて熱圧に供することを試みた。

II-1-4-3 熱圧温度

熱圧温度を 140, 160, 180, 196°C の 4 水準とした。この場合、マットの水分は 14% に調整したものについて行なったが、このほかに全乾マットについても 160, 180, 196°C の 3 水準をとり試験を行なった。他の要因の場合には 180°C を標準水準ときめた。

II-1-4-4 熱圧圧力

マットに対する加圧力は 10, 30, 50, 70 kg/cm^2 の4水準とし、全乾マットについても 30, 50, 70 kg/cm^2 の3水準を試験した。またプレス開始の際、熱盤が閉鎖してから所定の最高圧力に達するまでに要する時間は、すべて約 30 秒間になるよう加圧速度を調節した。ウェットプレッシング法における3段加圧法では、ガス抜き期に水分の蒸散を促す操作がおこなわれるが、本研究では、熱圧中の水分減少をできるかぎり抑制することが目的にかなうと考えられるので、所定の熱圧時間中一定圧力を保持する1段加圧方式をとった。なお、他の要因についての試験には、圧力 50 kg/cm^2 を加えることとした。

II-1-4-5 熱圧時間

所定圧の保持時間は、5, 10, 15, 20分間の4水準とし、他の要因についての試験では、すべて10分間とした。また、所定時間終了後、除圧操作は徐々に行ない、約1分間で常圧にもどすようにした。なお、前述のガス抜きがどのように作用するかを確かめるため、所定圧に達してから30秒経過後に圧力を5 kg/cm^2 に減じ、0.5, 1.5, 3.5分間のガス抜きを行ない、再度最高所定圧を加え、総圧縮時間がすべて10分間となるまで圧縮する方法も試みた。

II-1-4-6 ボード厚さ

本研究の成板方式によつて種々の厚さのボードを試作した。

以上の要因を総括して、標準条件はパルプフリーネス 21 秒、マット水分 14%、熱圧温度 180°C、圧力 50 kg/cm^2 、時間 10 分間である。

II-1-5 材質試験

試作したボードは $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、関係湿度 65% の室内で1週間以上放置した後、JIS A-5907 (1961) にしたがつて、曲げ強さおよび吸水率を求めた。なお、吸水による厚さ膨張率は、吸水試験前後の厚さの差を吸水前の厚さに対する百分率で示し、また比強度は曲げ強さに対する比重の影響を消去するために、曲げ強さを気乾比重で除し、比重 1 とした場合の曲げ強さを示した値である。

II-2 実験結果および考察

II-2-1 ファイバーマットの水分 (Table 1; Fig. 1)

Table 1 に示されるとおり、熱圧に際する水分の影響は予想以上に、きわめて大きいことが明らかになった。すなわち、無水状態のファイバーマットは 180°C、50 kg/cm^2 にて10分間の熱圧によつても、比重 0.5、曲げ強さ 10 kg/cm^2 、吸水率 300% の低品位のボードしか与えず、ほとんどボードを形成することができない。つまりこの熱圧条件では水分なしには、いわゆる繊維間結合が全く生成されないと見なければならぬ。しかるに、これに水分が与えられると、きわめて強固な結合が生まれ、水分の増加とともにボードの比重、強度および耐水性は著しく上昇し、Fig. 1 に示すごとく、曲げ強さは水分量にほぼ直線的に比例し、水分量 1% の増加に対し、曲げ強さは無水のものの実に 4 倍に達することが注目される。ボードの比重も当然増加しているが、その傾向は比較的緩慢で水分量 5% ですでに約 2 倍に達した後、きわめて徐々に増加するにすぎない。したがつて、比強度はかなりの増加を示し、水分量 1% の増加に対し、無水のものの約 2 倍に達する。また、吸水率はボードの比重にほぼ逆比例の関係を示し、水分量 5% で無水物の 1/5 に減少し、以後漸減する。

このようにしてファイバーマットの水分量を、20%に規整して熱圧製板したボードは、比重 1.25、曲げ強さ 883 kg/cm^2 、吸水率 19% の品質を与え、市販のオイルテンバード・ハードボードの規格をすらはる

Table 1. ファイバーマット水分量とボードの材質との関係
Relation between moisture content of fiber mat and properties of hardboard.

ファイバーマットの含水率 Moisture content of fiber mat %	0	5	10	12	14	15	16	18	20
ハードボードの材質 Properties of hardboard									
厚さ Thickness mm	9.1	4.5	4.5	4.1	4.0	4.0	4.1	3.9	3.8
気乾比重 Specific gravity in air dry	0.53	1.06	1.10	1.18	1.21	1.21	1.21	1.24	1.25
含水率 Moisture content %	11.7	7.5	7.4	7.5	7.5	7.8	6.8	7.2	7.8
曲げ強さ Modulus of rupture kg/cm ²	10.5	337	480	654	684	710	739	800	883
比強度 Specific strength kg/cm ²	19.8	318	436	554	565	587	611	645	706
吸水率 Water absorption %	308	73.1	41.6	35.8	36.5	29.2	27.9	25.1	18.8
厚さ膨張率 Thickness swelling %	161	48.0	30.7	30.0	26.9	21.1	20.1	18.8	14.4

注 Note: 熱圧温度 Hot pressing temperature 180°C
熱圧圧力 Hot pressing pressure 50kg/cm²
熱圧時間 Hot pressing time 10min

かにしのぐ強固な板を形成する。しかし、本実験において採用した熱圧条件では水分量が20%を越えると、熱圧終了時に水分が爆発的に外部に放散し、ボード内部に空洞、いわゆるパンクを起こし、また表面に汚染を生じることが多く、正常な製板が不可能であった。

以上のごとく、ファイバーマット中の水分は、熱圧中の反応にきわめて重要な地位を占めていることが現象的に明らかとなつたが、その反応機構は複雑な要素が重なり合っているものと推察され、たとえばファイバー、特にその主要構成成分の1つであるリグニンの熱塑性変形を著しく高めて、マットの被圧縮性を増し、接着力生成に大きな影響を持つところのファイバー相互の接触面積を増大せしめ、これと同時に、水分の熱伝導性は空気に比して約20倍以上であることから、マットへの

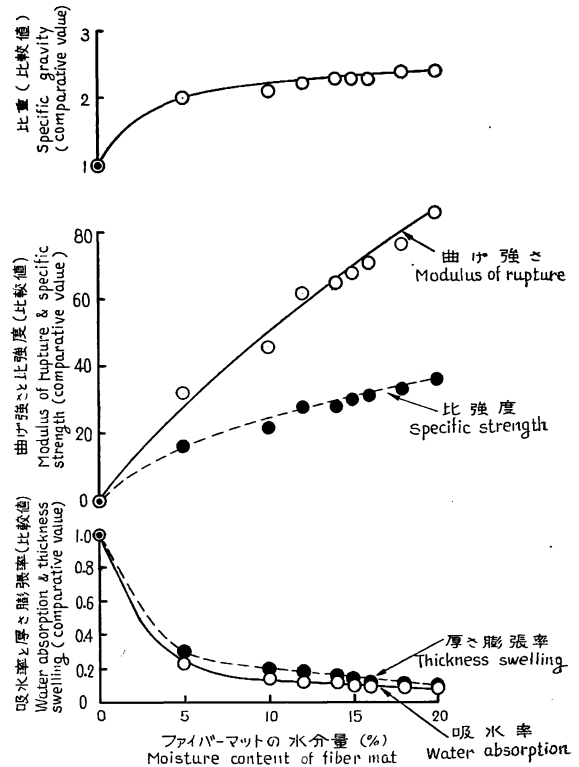


Fig. 1 ハードボードの材質に及ぼすファイバーマット水分量の影響

Influence of moisture content of fiber mat on properties of hardboard.

有効熱量の供給が著しく増し、内部温度の上昇が早められて⁵⁾、リグニン、ヘミセルロースなどの加水分解、縮合および重合などの反応の進行を促し、繊維間接着力の形成にあずかることなどが考えられるが、さらに後章で触れることとする。

この結果から通常のハードボード熱圧方式の機構を考察すると、片面にワイヤースクリーンを当てて熱圧するところの湿式法では、非常に多量の水分を含んだファイバーマットを用いているが、これらの水分はスクリーンを通して比較的自由に外部に放散され、したがって水分が残留している間は、その気化熱によつてボードの内部温度も 100°C をあまり越えないことは既知のとおりである。そのために、ボードの内部温度が最高に達した時にはすでに水分がほとんど放散してしまっているため、本報の場合と異なり、水分が主要反応に寄与する機会が、初期水分の高い割には少ないのではないかと推察される。著者が同じパルプを用いて湿式法により製板したボードは、気乾比重 1.01 、曲げ強さ 345kg/cm^2 、比強度 340kg/cm^2 、吸水率 77.6% 、厚さ膨張率 57.1% の品質を示し、これを本報の Table 1 の結果と対比すると、マット水分量約 5% 強の場合に匹敵し、それに網目の影響を考慮に入れても 10% 内外にしか相当しないものと推定され、初期水分 70% で熱圧に供したにもかかわらず、大半の部分は機械的脱水と蒸発によつて失なわれ、ごく一部分が反応にあずかるにすぎないものとみなされる。

また乾式法の場合は、両面平滑ボードにおいては、マット水分量を多くとも 8% 以下に規整して成板するので、規格に達するだけの品質を与えるに必要な水分量には及ばないものと推察され、したがって人工的接着剤の使用が必要となる。また、実際問題として乾式法の場合には、パルプ化工程を乾式で行なうため、分解糖類がそのままファイバー中に残存し、これが熱圧中に水分と反応していわゆるカルメラ化を起こし、ボードを汚染することも大きな制約となつている。乾式法の片面平滑ボードにおいては、マット水分量が $23\sim 29\%$ であるが、スクリーンを用いるので湿式法の場合と同様に、水分は比較的自由に外部に放散され、しかも湿式法よりも初期水分が少ないため、反応に寄与する水分はさらに僅少となり、接着剤の添加を必要とするものと考えられる。

II-2-2 パルプフリーネス (Table 2; Fig. 2)

従来の湿式法においては、一般にパルプフリーネスが低下するにつれて、ボードの品質は向上することが明らかにされているが、本実験の方法によつても Table 2 のごとく、フリーネスの低下につれて、曲げ強さ、吸水率ともに改善される。しかし、湿式法でいわれているファイバーのからみ合いによる摩擦効果が、フリーネスの低下によつて増大するとの考え方だけでは、その原因を十分に説明することができないように思われる。すなわち、Table 2 の右端に示すごとく、乾燥した2枚のファイバーマットを単に重ね合わせ、その最外表面に水分を噴霧して、全体としての水分量がほぼ 14% になるように規整して熱圧成板した場合に、完全に2枚のマットが接着して一体化した、強固なボードを形成することが明らかになった。このように、互いに全くからみ合うことのない2枚のファイバーマットが、水分の存在下に熱圧されることにより、完全に接着され曲げ試験の際にも全く剝離が認められないほどに一体化することから考えると、少なくとも本実験において用いた方法では、パルプフリーネスの影響する原因としてファイバーのからみ合いの効果はほとんど無視することができる。したがって、フリーネスの低下にともなつて、熱圧中の水分との反応にあずかるファイバーの活性表面積が増大する⁶⁾ ために、繊維間接着力の向上が達成されるのではないかと推察することができよう。また、ボード比重がパルプの離解にともなつて高くなることについては、リファイニングによつて繊維が膨潤化し、したがって水分と熱による塑性変形が起こり

Table 2. パルプフリーネスとボード材質との関係
Relation between pulp freeness and properties of hardboard.

パルプフリーネス Pulp freeness	sec	12	21	48	93	48 マットの2枚重ね Laminated two mats
ハードボードの材質 Properties of hardboard						
厚さ Thickness	mm	4.0	3.8	3.7	3.5	3.0
気乾比重 Specific gravity in air dry		1.14	1.17	1.22	1.26	1.21
含水率 Moisture content	%	7.8	7.5	7.5	7.2	7.4
曲げ強さ Modulus of rupture	kg/cm ²	526	600	778	940	721
比強度 Specific strength	kg/cm ²	462	514	637	746	596
吸水率 Water absorption	%	55.3	38.5	28.1	21.0	29.7
厚さ膨張率 Thickness swelling	%	39.3	30.2	22.3	17.4	23.5

注 Note: マット含水率 Moisture content of mat 14%
熱圧温度 Hot pressing temperature 180°C
" 圧力 " pressure 50kg/cm²
" 時間 " time 10min

やすい状態になることも一因として考えることができる。

II-2-3 熱圧温度 (Table 3, 5; Fig. 3, 4)

ファイバーマット水分量 14% の場合は Fig. 3 に見られるとおり、曲げ強さは 180°C 付近で、すでに最高限に達し、より高温では低下を始めることが注目される。吸水率は高温となるほど一方的に低下し、耐水性は改善の傾向があらわれる。また無水状態のマットでは、曲げ強さ、耐水性ともに非常に劣悪であり、180°C 以上に達するとようやく向上のきざしが見られる。

これらの結果から考察すると、ファイバーマットは水分の共存下において 160°C 以上の熱圧により、繊維間の結合力を形成するための反応は著しく活発化し、温度の上昇とともに反応速度が増し、本実験における 196°C に達すると、すでに劣化のきざしが見られるに至る。しかし、水分が存在しない場合には、この温度範囲においては、ほとんど有効な反応の進行が認められず、より高温を加えなければ大きな変化がもたらされないものと考えられる。

緒言で触れたドライマットを熱圧する方式におい

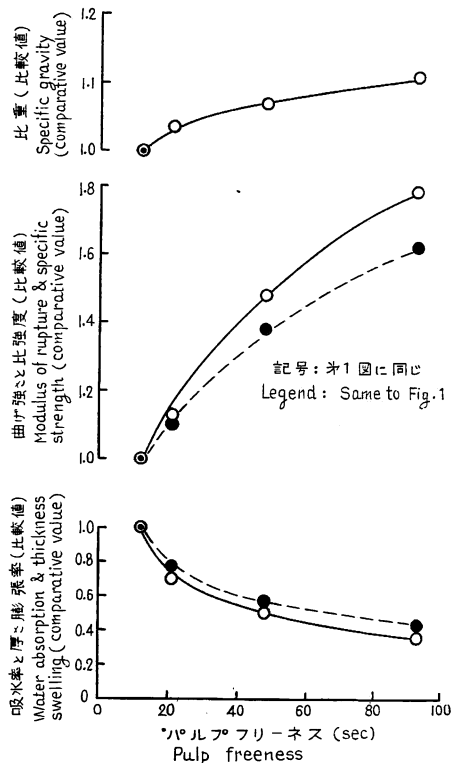


Fig. 2 ハードボードの材質に及ぼすパルプフリーネスの影響

Influence of pulp freeness on properties of hardboard.

Table 3. 熱圧温度とボード材質との関係
Relation between pressing temperature and properties of hardboard.

温 度 Temperature °C	140	160	180	196
ハードボードの材質 Properties of hardboard				
厚 さ Thickness mm	4.2	3.9	3.8	3.6
気乾比重 Specific gravity in air dry	1.12	1.15	1.17	1.24
含 水 率 Moisture content %	7.4	7.5	7.5	7.2
曲げ強さ Modulus of rupture kg/cm ²	276	578	600	571
比 強 度 Specific strength kg/cm ²	246	503	514	460
吸 水 率 Water absorption %	84.5	38.5	35.0	21.4
厚さ膨張率 Thickness swelling %	81.2	30.2	26.8	14.7

注 Note: マット含水率 Moisture content of mat 14%
熱 圧 圧 力 Hot pressing pressure 50kg/cm²
" 時 間 " time 10min

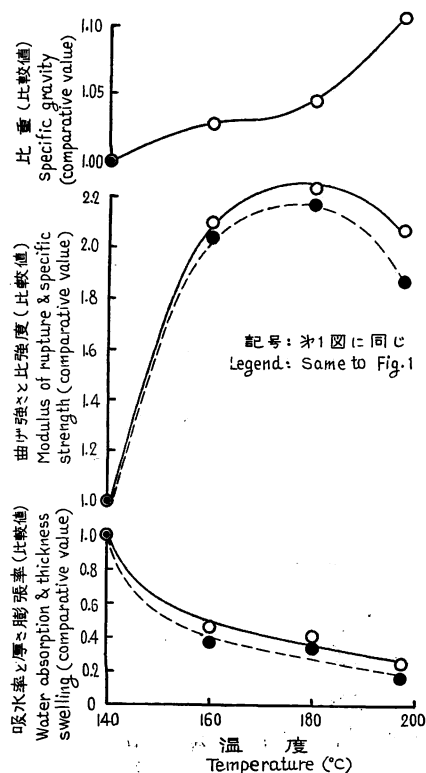


Fig. 3. ハードボードの材質に及ぼす熱盤温度の影響
Influence of hot plate temperature on properties of hardboard.

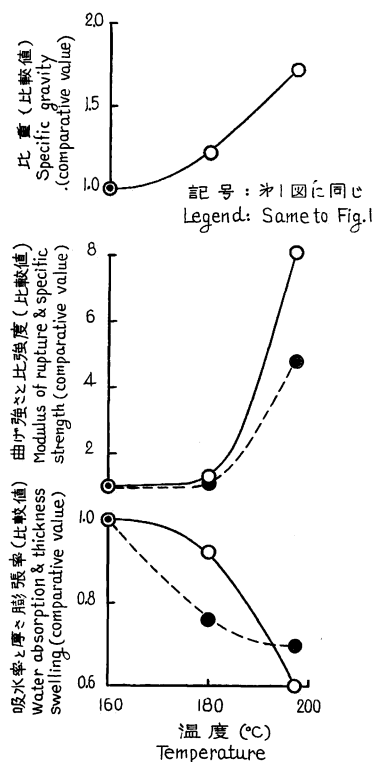


Fig. 4. 全乾マットの熱圧における温度の影響
Influence of temperature, when press dried fiber mat.

ては、250°C以上とされているが、この結果から見ても、水分の介在しないマットであるから、当然必要であろうということが推察される。

一般的にセルロースの重合度は、100°C以上の加熱によつて低下することが知られており、ハードボードの熱圧のごとき高温度の下では、繊維の固有強度がかなり低下することも予想される。しかし、これに反して、繊維間の接着力が熱圧によつて急激に増大するために、ボードとしての力は相対的に増加するものと思われ、この両者の減少と増加の経緯が一つの大きな問題点であろうと考えられる。

ボードの耐水性は曲げ強さの減少に関係なく、温度の上昇にともなつて、一方的に改善されるが、この場合には繊維の角質化あるいは、ヘミセルロース、セルロース分子間の水素結合の生成という問題も考える必要があるのではないかと推察される。

II-2-4 熱圧圧力 (Table 4, 5; Fig. 5, 6)

水分14%のマットでは圧縮力に比例して比重、曲げ強さ、耐水性ともに上昇するが、50 kg/cm²以上ではその傾向がゆるくなることがうかがわれる。これに対し、無水のマットでは50 kg/cm²以上となるにつれ、改善のきざしが顕著に見られる。本実験では、両表面が当板により完全に閉塞されているが、周囲の木口面が開放された状態で熱圧されているので、水分の一部が木口面から放出するのを防ぐことができない。この現象は、圧縮力の低いほど大となることが考えられるので、本結果では、純粋な圧力効果と水分効果との交互作用となつているため、断定的なことを論じることはできない。しかしながら、片面網目の場合に比べると、マットの内部圧の上昇が著しく大で、このため高熱水分の散逸が妨げられるため、反応促進の一因となつていることが予想できる。

無水の場合には、ファイバーマットの圧縮変形が弾性的変形の域を脱せず、除圧後に著しく膨張復元する。この意味から、水分はマットの塑性変形を促進することに大きな役割を果たしていると思われる。

II-2-5 熱圧時間 (Table 6; Fig. 7)

Table 4. 熱圧圧力とボード材質との関係
Relation between hot pressing pressure and properties of hardboard.

圧 力 Pressure	kg/cm ²	10	30	50	70
ハードボードの材質 Properties of hardboard					
厚 さ Thickness	mm	6.9	4.8	3.8	3.6
気乾比重 Specific gravity in air dry		0.65	0.96	1.17	1.27
含 水 率 Moisture content	%	10.1	7.8	7.5	7.0
曲げ強さ Modulus of rupture	kg/cm ²	52.5	204	600	775
比 強 度 Specific strength	kg/cm ²	80.8	213	514	609
吸 水 率 Water absorption	%	380	134	38.5	25.8
厚さ膨張率 Thickness swelling	%	212	91	30.2	20.0

注 Note: マット含水率 Moisture content of mat 14%
熱 圧 温 度 Hot pressing temperature 180°C
" 時 間 " time 10min

Table 5. 全乾マットの熱圧における温度および圧力とボード材質との関係
Relation between pressing temperature, pressure and properties
of board in case of dried mat.

	温 度 Temperature °C			圧 力 Pressure kg/cm^2		
	160	180	196	30	50	70
ハードボードの材質 Properties of hardboard						
厚 さ Thickness mm	10.4	9.1	6.3	9.7	9.1	7.6
気乾比重 Specific gravity in air dry	0.44	0.53	0.75	0.48	0.53	0.63
含 水 率 Moisture content %	10.5	9.8	10.2	10.2	9.8	9.6
曲げ強さ Modulus of rupture kg/cm^2	7.80	10.5	63.5	9.42	10.5	22.4
比 強 度 Specific strength kg/cm^2	17.6	19.8	84.4	19.7	19.8	35.7
吸 水 率 Water absorption %	336	308	202	311	308	300
厚さ膨張率 Thickness swelling %	161	123	112	195	161	151

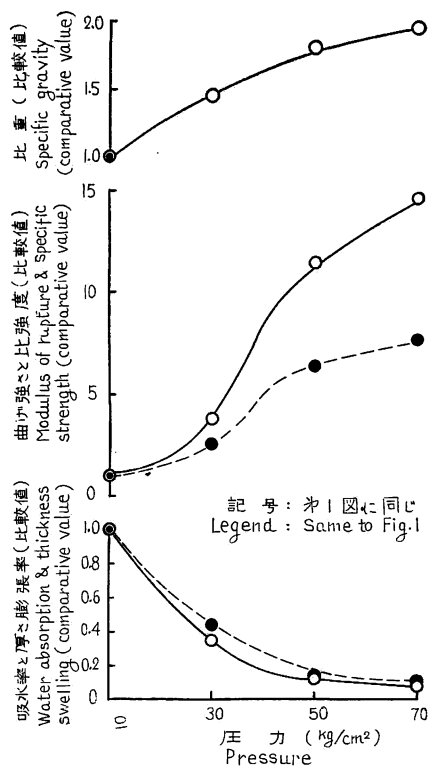


Fig. 5 ハードボードの材質に及ぼす
熱圧圧力の影響
Influence of hot pressing pressure on
properties of hardboard.

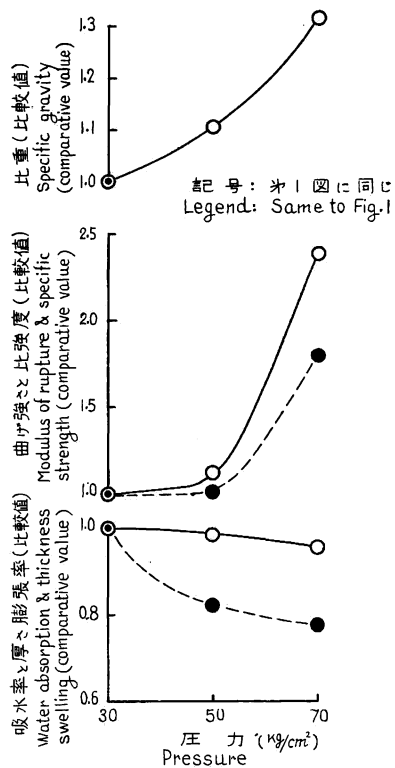


Fig. 6 全乾マットの熱圧における
圧力の影響
Influence of pressure, when press
dried fiber mat.

Table 6. 熱圧時間とボード材質との関係
Relation between pressing time and properties of hardboard.

時 間 Pressing time	min	5	10	15	20
ハードボードの材質 Properties of hardboard					
厚 さ Thickness	mm	4.0	3.8	3.7	3.6
気 乾 比 重 Specific gravity in air dry		1.15	1.17	1.20	1.23
含 水 率 Moisture content	%	7.5	7.8	7.4	7.2
曲 げ 強 さ Modulus of rupture	kg/cm ²	470	600	617	646
比 強 度 Specific strength	kg/cm ²	408	514	514	525
吸 水 率 Water absorption	%	44.6	38.5	36.2	33.5
厚さ膨張率 Thickness swelling	%	31.5	30.2	22.5	20.2

注 Note: マット含水率 Moisture content of mat 14%
熱 圧 温 度 Hot pressing temperature 180°C
" 圧 力 " pressure 50kg/cm²

温度 180°C の場合については、熱圧時間 5 分間では時間の不足が目立ち、10 分間圧縮して顕著な結合の達成が見られる。しかし、時間は温度と密接に関連する因子であり、前述の温度 196°C では、より短い時間で最高の品質に達し、10 分間ではすでに下降の領域にはいつているものと推察され、今後温度による反応速度の変化を検討する必要がある。

II-2-6 ガス抜き時間 (Table 7; Fig. 8)

ガス抜き時間が長くなるにともなつて、材質は一方向的に低下する。すなわち、ガス抜きによりマット水分が減少し、前述の水分量と材質との関係に見られるとおり低下することは当然である。本題からはそれることであるが、一般にハードボードの熱圧において行なわれるガス抜き処理は乾燥方法の 1 つとして能率、熱経済の両面から考えても、非常に有効な方法であると考えられるので、検討するに価する問題である。

II-2-7 ボードの厚さ (Table 8; Fig. 9)

本実験によれば、厚いものほど材質は良好と見られる。その理由については説明が困難であるが、ボードの最も弱い場所は最表層の部分にあると思われ、その最弱層の厚さは、ボードの厚さとはあまり関係なしに、ほぼ一定であるように想像される。したがって、

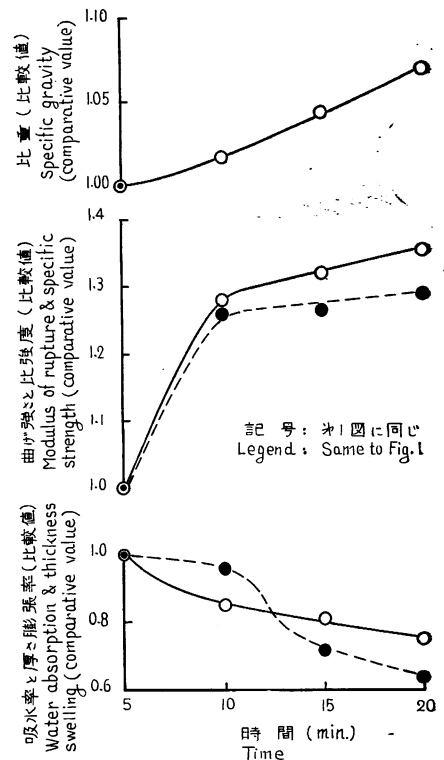


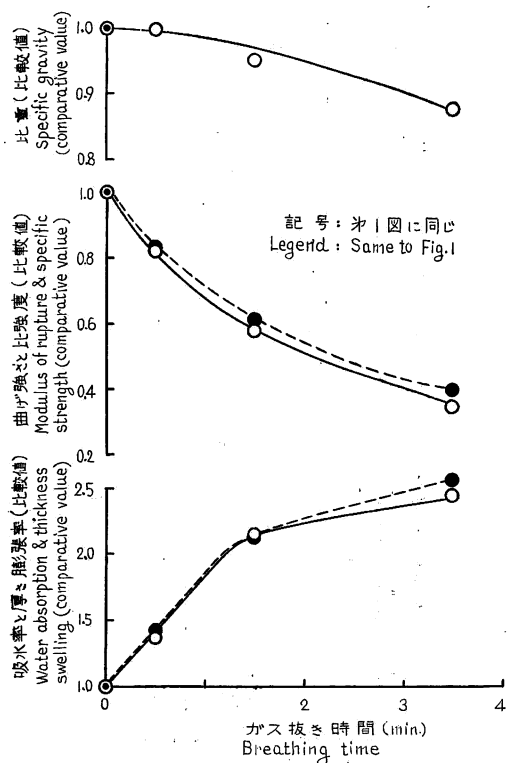
Fig. 7 ハードボードの材質に及ぼす熱圧時間の影響

Influence of pressing time on properties of hardboard.

Table 7. ガス抜き時間とボード材質との関係
Relation between breathing time and properties of hardboard.

ガス抜き時間 Breathing time	min	0	0.5	1.5	3.5
ハードボードの材質 Properties of hardboard					
厚 さ Thickness	mm	4.0	4.0	4.2	4.3
気乾比重 Specific gravity in air dry		1.21	1.21	1.15	1.06
含 水 率 Moisture content	%	7.4	7.5	8.1	8.3
曲げ強さ Modulus of rupture	kg/cm ²	684	558	398	236
比 強 度 Specific strength	kg/cm ²	565	465	350	223
吸 水 率 Water absorption	%	36.5	50.6	78.9	89.1
厚さ膨張率 Thickness swelling	%	26.9	38.0	57.5	68.7

注 Note: マット含水率 Moisture content of mat 14%
 熱 圧 温 度 Hot pressing temperature 180°C
 // 初期圧力 Initial squeeze pressure 50kg/cm²
 // 息 抜 // Breathing pressure 5kg/cm²
 // 後期 // Final pressure 50kg/cm²
 総熱圧時間 Total pressing time 10min



ボード厚さに対する最弱層の占める比率が、ボードの厚さが大となるほど小さくなり、そのために厚いものほど強さが増すのではないかと想像される。ウェットプレッシングの場合にも、網目が同じである時は、これと同様な現象が見られるようである。

なお、本実験において採った熱圧方式によれば、厚さ 2 mm 以下の薄物から 6 mm 程度の厚物に至るまで、材質の良好なボードを成板することが、可能であることが明らかにいえると考える。

Fig. 8 ハードボードの材質に及ぼす
ガス抜き時間の影響
Influence of breathing time on
properties of hardboard.

Table 8. ボード厚さと材質との関係
Relation between thickness of board and properties.

ハードボードの厚さ Thickness of hardboard mm	1.6	3.8	6.0
ハードボードの材質 Properties of hardboard			
気乾比重 Specific gravity in air dry	1.14	1.17	1.25
含水率 Moisture content %	7.3	7.5	7.4
曲げ強さ Modulus of rupture kg/cm ²	462	600	777
比強度 Specific strength kg/cm ²	405	512	621
吸水率 Water absorption %	43.7	38.5	19.7
厚さ膨張率 Thickness swelling %	28.8	30.2	13.2

注 Note: マット含水率 Moisture content of mat 14%
 熱圧温度 Hot pressing temperature 180°C
 " 圧力 " pressure 50kg/cm²
 " 時間 " time 10min

III ホロセルローズおよび α-セルローズ からの成板に関する実験

III-1 実験方法

熱圧中における水分の果たす役割がきわめて重要なことが、前述の実験により明らかとなつたので、この水分との反応に関与する成分についての知見を得るため、予備的実験として供試材料のアカマツ・アスプルンドパルプからホロセルローズおよび α-セルローズを調製し、これを用いて熱圧試験を行なつた。また、参考用として市販脱脂綿を試料として、熱圧を行なつた。

III-1-1 ホロセルローズの調製

Wise, L.E. の Chlorite holocellulose 法⁷⁾ により、アスプルンドパルプを脱リグニンした。すなわち、遠心脱水したアスプルンドパルプを、全乾量 50 g に相当する量だけとつて、3 l 容三角フラスコに入れ、これにパルプ中の水分を含めて全量 1,600 g になるよう水を加え、80°C の湯浴中にひたし液温が 80°C に達した時に水酢酸 3 cc、亜塩素酸ナトリウム 15 g を加えて直ちに振とうし、30 分間湯浴中にひたし、約 10 分間ごとに軽く振とうした。さらに水酢酸 3 cc、亜塩素酸ナトリウム 15 g を加えて 45 分間

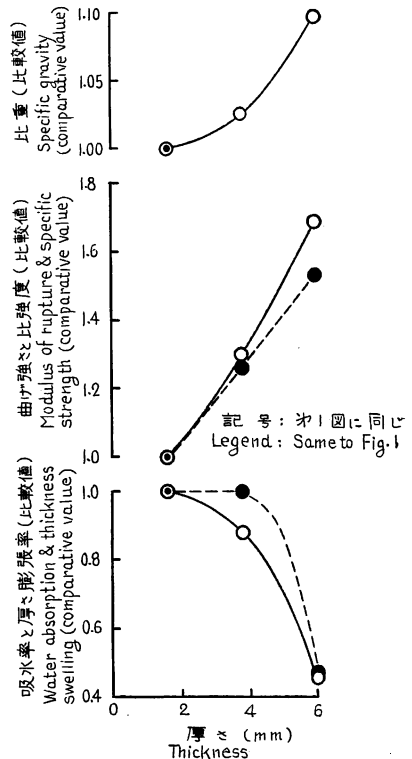


Fig. 9 ボード厚さと材質との関係
Relation between thickness and properties of hardboard.

同様に処理し、ふたたび水酢酸および亜硫酸ナトリウムを加えて 1 時間ずつ 3 回、合計 5 回処理した。この後直ちに氷浴で冷却し、ナイロン戸布を敷いた漏斗に移し、純水 15 l、ついで室温の純水、さらに 250 cc のアセトン、ふたたび純水で十分に洗浄した。得られたホロセルロースは遠心脱水し、冷暗室に保存した。

III-1-2 α -セルロースの調製

前述のホロセルロースをアルコールで 2 回洗浄して脱水し、その後アセトンで 2 回洗浄し、アルコールを置換して室温にて風乾したものを試料とし、Tappi 法⁸⁾ (Tappi Standard T 429 m-48) により脱ヘミセルロースを行なった。すなわち、この風乾ホロセルロース 30 g を入れた 10 l 容ステンレス製容器に $20 \pm 1^\circ\text{C}$ の 17.5% 水酸化ナトリウム液 2,000 cc を加え、直ちにかきまぜて 10 分間放置した後、3,300 cc の水で希釈し、混合物を十分にかきまぜ 1 時間放置し、この間 2 回かきまぜた。その後ナイロン戸布を敷いた吸引漏斗に注ぎ、4 l の水で洗浄し、この間ひんばんに尖ったガラス棒で突きほぐし、均一な洗浄を行ない、ついで 10% 酢酸を加えて α -セルロースをおおい、4 分間処理し、さらに 10 l の洗浄水で洗った。得られた α -セルロースは遠心脱水後、冷暗室に保存した。

III-1-3 熱 圧

試料をディファイブレーター・フリーネス・テスターにより抄造し、圧搾脱水後 $100 \sim 105^\circ\text{C}$ にて恒量に達するまで乾燥し、含水量 14% になるよう両表面から噴霧して水分を添加し、前述の標準条件により熱圧した。

III-2 実験結果および考察

アカマツ・アスプルンドパルプおよびこれから調製したホロセルロースと α -セルロースの収率および成分は、Table 9 のとおりである。これらの試料から成板したハードボードの材質は Table 10, Fig. 10 のごとくアスプルンドパルプが曲げ強さ、耐水性とともに最高値を与え、ホロセルロースがこれにつき、 α -セルロースは最も劣悪であつた。これらの結果から見ると、KLAUDITZ, W. 氏が論じているごときリグニンはボードの結合力生成に関与せず、単にその疎水性によつてボードの耐水性に寄与するとする見解では、本実験の場合には必ずしも良く説明することができない。すなわち、リグニンは単に耐水性付与に関与するのみならず、なんらかの形で結合力生成の物理的あるいは化学的作用に関連するものではないかということも、検討しなければならない問題である。そしてその場合に、当然水分が重要な役割の 1 つをになうもので、たとえばリグニンの熱可塑温度を低くし、加水分解による酸の生成、リグニンのいわゆる活性化を促し、またヘミセルロースに対しても加水分解と、これに続いて縮合による樹脂化物質の生成に導く

Table 9. アスプルンドパルプ、ホロセルロースおよび α -セルロースの成分
Component of Asplund pulp, holocellulose and α -cellulose.

	アスプルンドパルプ Asplund pulp	ホロセルロース Holocellulose	α -セルロース α -cellulose
収 率 (対原木) Yield (from wood) %	88.5	58.57	43.13
α -セルロース α -cellulose	48.73	73.64	100
ヘミセルロース Hemicellulose	21.16	25.43	—
リ グ ニ ン Lignin	30.11	0.93	—

Table 10. 成分とボード材質との関係
Relation between component and properties of hardboard.

	アスプルンドパルプ Asplund pulp	ホロセルロース Holocellulose	α-セルロース α-cellulose
ファイバーマットの全乾比重 Specific gravity of dried fiber mat	0.15	0.31	0.21
ハードボードの材質 Properties of hardboard			
厚 さ Thickness mm	3.7	3.6	5.0
気乾比重 Specific gravity in air dry	1.20	1.15	0.97
含 水 率 Moisture content %	6.5	7.5	9.1
曲げ強さ Modulus of rupture kg/cm ²	621	400	107
比 強 度 Specific strength kg/cm ²	518	349	111
吸 水 率 Water absorption %	38.2	101	225
厚さ膨張率 Thickness swelling %	30.7	103	173

注 Note: マット含水率 Moisture content of mat 14%
熱 圧 温 度 Hot pressing temperature 180°C
" 圧 力 " pressure 50kg/cm²
" 時 間 " time 10min

などの複雑な反応に寄与することが考えられるが⁹⁾, これらの機構については今後の研究によらなければならない。

ホロセルロースからのボードの強さが, アスプルンドパルプのそれより, 約30% 低くなつた理由としては, セルロースの表面を被覆しているリグニン層が除去せられてセルロース表層部がかなり露出し, 熱圧時の反応を受けやすい状態になつているため, セルロース自体の崩壊が含リグニン試料の場合よりも高度に起こり, したがつて繊維の固有強度が低下することも想像されるが, さらに検討を加える必要がある。吸水率は予想どおり, アスプルンドパルプのそれよりも3倍近くとなり, リグニン除去の影響が顕著に見られ, 従来の諸報告に一致している¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。

α-セルロースのボードは強度, 耐水性ともに最低で, 吸水による厚さの膨張もきわめて大きく, 熱圧前のマットの厚さとほぼ同じ程度にまで弛緩してしまう。したがつてセルロースのみでは, たとえ水分の存在下においても本実験の範囲では, いわゆる水素結合あるいはエーテル結合の生成はほとんど認めることができないようである。また, 熱圧成板の条件から見て, 一般のハードボードにおいても, ウェットホーミング・ドライプレッシング法を除いては,

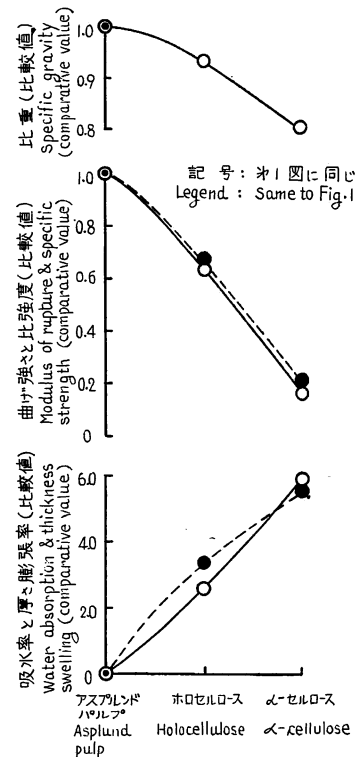


Fig. 10 パルプ成分と材質との関係
Relation between pulp component and properties of hardboard.

このような結合が生成されないと見ても差しつかえあるまい。

以上を要約すれば、ボードボードの強度形成の因子としては、繊維の固有強度と繊維間の結合力との2大要因に区分することができ、そのうち、繊維間結合をもたらす力として繊維の機械的結合（繊維間の摩擦抵抗）、極性引力、水素結合、化学結合などが挙げられ、それぞれの比率については製造方法によつて相当に異なるものと考えられるが、本実験の方法においては化学結合が最も支配的に作用していると推察される。前述の一般の方式のうち、湿式法の片面平滑ボードでは、水分の散逸が自由に起こるため、化学結合の生じる機会が著しく減少し、機械的結合による強度負担の比率が大となり、したがつて、いわゆるパルプフリーネスの影響が顕著にあらわれるゆえんと考えられる。ウェットホーミング・ドライブレッシング法の場合については、本実験から直接考察することはできないし、無水のマットを用いるので、植物成分のみの熱変化による、異なつた形の化学結合が生起されるのではないかということしか論じられない。乾式法の場合はいずれも共存する水分量が少ないため、本実験に見られるごとき反応が量的に僅少で、かつ機械的結合も湿式法の場合より劣るため、接着剤の添加がぜひとも必要になると考えられる。極性引力は、熱圧中におけるマットの圧縮率の増加には貢献することも考えられるが、水分の介入によつて容易に切断されるので、ボードの強度負担力は期待できないであろう。また水素結合に至つては、きわめて特殊な場合、たとえば製紙用パルプのごとく脱リグニンを高度に行なつたパルプを用いる場合か、あるいは部分的に起こることしか期待されず、ハードボードの場合には、一般的なものとしてはあまり大きな期待は望めないであろう。

かくして強度形成にあずかる主要因子は繊維の固有強度、繊維の機械的結合力および化学結合の3つにしばつて考えても差しつかえないと思われる。繊維の固有強度は一般に、熱処理により一方的に低下することが認められているので、熱圧あるいはテンパリングによつても当然マイナスに作用することが予想されるが、化学結合は逆に、ある限界内においては熱反応によつて著しく増大し、繊維の固有強度の低下を十分に補償してなおあまりある負担力をボードにもたらすものと考えられ、これにはリグニン、ヘミセルロースなどと水分との熱圧下における反応が、きわめて重要な位置を占めることが本実験の結果から指摘できるのでないかと考える。このような熱反応による繊維の固有強度の低下と、化学結合の増大との比が、ボードの強さとなつてあらわれるということができないのではないかと推察するしだいである。

繊維の機械的結合力は、繊維の形態、形状などによつて左右されるものと思われ、一般にフィブリル化のすすむにつれて結合力が大となることは当然であるが、ハードボードの場合は、ホーミングおよび熱圧の操作などの実用面でかなりの制約を受ける。

ボードの耐水性と強度とは、必ずしも一致せず、結合力が同時に疎水性を伴うことが最も望ましいことであるが、機械的結合力はこの点では無力である。したがつて、化学結合にこれを期待すべきで、特にリグニン本来の疎水性と、ヘミセルロースの樹脂化などが内部的な要素として考えられ、これらも水分との共存下において、大きな効果を期待することができるものと考えられる。

IV 表面サイジングに関する実験

IV-1 実験方法¹⁴⁾

通常ロジン、パラフィンエマルジョンあるいはフェノール樹脂などのサイズ剤は、ホーミング前にパルプ液中に添加し、硫酸バン士などにより酸性化して沈着せしめるのが常法とされているが、ホーミングの

際の脱水，熱圧初期における圧搾水にともない，相当量のサイズ剤が外部に逸出するものと考えられる。

本研究においてとつた成板法によれば，マットの水分調整の際にサイズ剤を添加水の中に混合することにより，マットの表面に所定量のサイズ剤を与えることが可能であり，その損失が僅少であると考えられるので，この方法によりパラフィンエマルジョン（荒川林産化学工業製，サイズパインW）をマットに対し，0，0.2，0.25，0.4，0.6%加え，その効果を調べた。

なお，成板条件はすべて前述の標準条件によつた。

IV-2 実験結果および考察

表面サイジングの効果は，Table 11 および Fig. 11 に見られるとおりに顕著にみとめられ，パラフィンの添加量0.4%で吸水率25%以下となり，JISの規格水準に到達する。これに対し一般にいわれる強度の低下は，比較的少ないことが特徴と思われる。前述の湿式法におけるサイジングは，ホーミング前にパルプ液中にエマルジョンを添加混合し，硫酸バン土を加えて酸性にし，パラフィンを沈着せしめる方法が一般的に行なわれるが，この場合にはパラフィンの歩止りが低く，また硫酸バン土を必要とすることなどに比べ

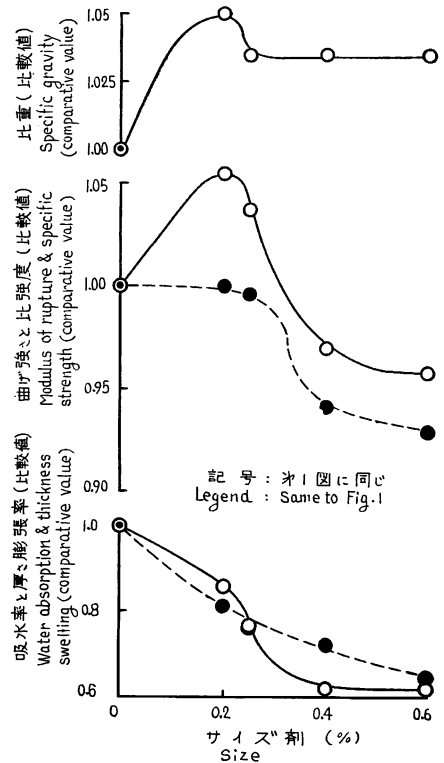


Fig. 11 表面サイジングの効果
The effect of surface sizing.

Table 11. サイズ添加量とボード材質との関係
Relation between amount of sizing agent and properties of hardboard.

サイズ剤添加量 Added sizing agent %	0	0.2	0.25	0.4	0.6
ハードボードの材質 Properties of hardboard					
厚 さ Thickness mm	3.8	3.6	3.7	3.7	3.7
気乾比重 Specific gravity in air dry	1.17	1.23	1.21	1.21	1.21
含 水 率 Moisture content %	7.6	7.5	7.4	7.4	7.3
曲 げ 強 さ Modulus of rupture kg/cm ²	600	634	620	584	577
比 強 度 Specific strength kg/cm ²	514	515	513	483	477
吸 水 率 Water absorption %	38.5	33.0	28.6	23.8	24.0
厚さ膨張率 Thickness swelling %	30.2	24.6	22.4	22.0	20.1

注 Note: マット含水率 Moisture content of mat 14%
熱 圧 温 度 Hot pressing temperature 180°C
" 圧 力 " pressure 50kg/cm²
" 時 間 " time 10min

て、表面サイジングによれば耐水剤の歩止りが高く、また硫酸バン土による強度への悪影響がないなどの点で有利であると考えられるので、今後さらに検討するに価する方法と考える。

V 摘 要

ハードボードの熱圧において、マット中に存在する水分の挙動を知るため、アカマツ・アスプルンドパルプを用い、ウェットホーミングしたマットをいつたん乾燥し、これに水分を噴霧して任意の含水量に調整し、両表面ともに平滑当板を当てて熱圧する方法をとつて成板し、その品質との関係について検討した。得られた知見は概要次のとおりである。

1. 熱圧するマットに水分が存在しない場合には、通常の熱圧方法ではほとんどボードを形成することができないが、水分が与えられると、強固な硬質のボードが形成され、水分量に比例して品質が急速に向上することが明白になった。

このことから、水分は木質繊維の可塑剤として作用すると同時に、熱伝導の媒体としてマット内部温度の上昇を促進させ、かつ繊維間に不可逆的強固な結合力をもたらす反応に重要な役割を演じるものであると推察される。しかし水分量がある限界以上に多くなると、熱圧終了時にボード内部から水蒸気が爆発的に放出されて、いわゆるスチームポケットを生じたり、表面に汚染部ができることがあり、この汚染は主として低級糖類の分解に起因するのではないと思われる。

2. パルプフリーネスが低下するにつれて、繊維の反応表面積が増大するため、前述のごとき水分による結合反応が活発となりボードの品質が向上することが認められる。

3. 水分との共存状態においては、 $160\sim 180^{\circ}\text{C}$ の熱圧で強固な結合力の生成が認められるが、無水の場合には 200°C でも、ほとんどボードの形成が不可能であり、さらに高温度を加える必要がある。温度と反応速度とは比例的に関連することは当然で、10 分間圧縮では 180°C で良い結果が得られ、 196°C ではすでに下降の傾向が見られ、時間を短縮するべきである。圧縮力は本実験の場合、 50 kg/cm^2 で十分な品質が得られた。圧縮中、マット内部の有効水分をできるかぎり散逸せしめない方が、結合反応の進行には有利で、水分が自由に放出される状態での熱圧では、反応水分の不足をきたすのみならず、内部温度の上昇をおくらせるとともに、マット内部圧が上昇しないため、反応の速度が著しく緩慢になるものと推察される。また、圧縮力に比例してマットの密度が増すとともに、厚さが減少するため、熱伝導率の増大と伝導距離の減少から、内部温度の上昇が促進せられることも考えられる。

4. ホルセルロースから成板したボードの強さは、アスプルンドパルプに比し若干低下し、吸水率は非常に大となった。また、 α -セルロースからのボードでは、強さ、耐水性ともに著しく低下した。これらの結果から前述のごとき熱圧下における水分との反応にあずかる成分は、主としてリグニンおよびヘミセルロースであると考えられ、結局、水分はリグニンの熱塑性化を促進して繊維間隙を減少して接着有効面積を増大せしめ、また反応成分への熱エネルギーの供給媒体としても作用し、かくしてリグニン、ヘミセルロースなどとの反応によつて繊維間接着力の形成に貢献するものと推察されるが、さらに明確な結論をうるには今後の研究にまたなければならない。

しかし、従来リグニンが繊維間の接着を阻害するもので、単に疎水作用のみがあるとする見解には、再検討を要する点があるものと思われる。

5. マットの表面に防水剤を噴霧するいわゆる表面サイジング法によれば、添加量 0.4% で十分な耐水

効果が得られた。これは防水剤の歩止りが良好なためと考えられ、硫酸ペン土などの定着剤も不要であることなどから見て、経済的に有利な見込みがあるものと期待される。

なお、本研究において行なつた熱圧成形の方法については、特許出願中である。

文 献

- 1) KLAUDITZ, W. & STEGMANN, G.: Über die grundlegenden chemischen und physikalischen Vorgänge bei der Wärmevergrütung von Holzfaserplatten, Holz-Forschung, 5, 3, (1951) p. 68.
- 2) WACEK, A. & MERALLA, S.: Faserverfilzung und Faserverklebung, Holz-Forschung, 6, 3, (1952) p. 65.
- 3) BASLER, H.: Ursachen und Wirkungsweise der den Faserstoffen inhärenten Bindekraft im Rahmen der Hartplattenfabrikation, Holz-Forschung, 11, 8, (1953) p. 297.
- 4) 上野桂助: 紙の強度, (1955) 丸善.
- 5) KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, I, (1951) Springer-Verlag.
- 6) CASEY, J.P.: Pulp and Paper, II, (1961) Interscience Publishers.
- 7) WISE, L.E., MURPHY, M. & D'ADDIECO, A.A.: Chlorite holocellulose, its fractionation and bearing on summative wood analysis and studies on the hemicellulose, Paper Trade J., 122, 2, (1946)
- 8) Tappi Standards, T 429 m-48, (1953)
- 9) 本田隆一: 加熱圧縮法による硬質人造繊維板に関する研究, (1952), 日本レーヨン綜研
- 10) 米沢保正・村田藤橘・鈴木岩雄: ファイバーボード原料の物理的・化学的性質に関する研究（第1報）, 原料の化学的成分の影響（I）, 林試研報, 113, (1959) p. 111.
- 11) 同上: 同上（第2報）, 林試研報, 113, (1959) p. 119.
- 12) 鈴木岩雄・米沢保正: 同上（第3報）, 林試研報, 138, (1962) p. 85.
- 13) ÖGLAND, N.J.: Hemicellulosans och ligninets roll vid framställning av hårda träfiberskivor, Svensk Papperstidn., 58, 2, (1955) p. 50.
- 14) CHAMBERS, A. & SHIMMINS, J.D.: Problems in the sizing of hardboard, APPITA, 13, 6, (1960) p. 178.

Studies on Hot Pressing and Drying Process in the Production of Fiberboard (The 1st Report). Role of moisture in fibermat at hot pressing for making hardboard.

Norio TAKAMURA

(Résumé)

The hot pressing process is one of the most important steps in the production of hardboard. The mechanism for molding a rigid board as a course of hot pressing is highly complex and dependent upon a number of different factors. Among these factors, the proper strength property of fiber, the frictional resistance of felted fibers and the bonding

between fibers, are considered the real influential factors on the properties of board.

In the case of insulation board, the frictional resistance of each fiber to another may occupy the greater part of the source of strength.

Properly hot-pressed hardboards, on the other hand, have a high degree of bonding force between fibers and consequently are made into strong board.

At present, hot pressing processes are classified into 4 types, namely, wet forming-wet pressing, -dry pressing, air felting-semi-dry pressing, and -dry pressing. The first is the most popular process in which moisture content in fiber mat prior to hot pressing is 60~75 %, so the fiber mat should be put on the wire screen to facilitate the removal of moisture during hot pressing. Furthermore, breathing must be applied for a few minutes after a high initial squeeze in order to aid the elimination of moisture. The second is a special process for producing both insulation and hardboard, i.e. fiber mat is dried almost completely in a drier, then immediately or after drying still more in a pre-drier, pressed in an extremely high temperature of 260°C and by a high pressure of 100 kg/cm².

In the air felting process, the moisture content in fiber mat must be controlled closely to 8% or less in dry pressing, and 18~25% in semi-dry pressing, and always using a binding material such as phenolic resin.

As mentioned above, there are remarkable differences in hot pressing procedure, corresponding to the moisture content in fiber mat.

Therefore, it will be reasonable to study the behavior of moisture in fiber mat during hot pressing from the viewpoint of chemical and physical reactions, for a solution of fundamental mechanisms of hot pressing.

This report presents some information, obtained about the influence of moisture in fiber mat on the properties of hardboards.

The chips which were prepared from 35-year-old Japanese Red Pine (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.), were steamed and fiberized in an Asplund Defibrator Type C (grinding disk driven by 100HP motor). The obtained coarse fibers (freeness 12 sec. by Defibrator Freeness-tester) were milled in Sprout Waldrons 12" refiner, at room temperature. Pulp freeness after refining was 21 sec. except the test series for the effect of freeness on the properties of boards. The wet mats were prepared in a 40 by 40 cm forming box, then cold pressed to remove excess water. Successively to adjust the moisture of fiber mats at will, the wet mats were completely dried in an oven at 100~105°C, then given water on both surfaces of fiber mat by sprayer.

Thus attached water on surface of mat penetrated sufficiently to the core layer during hot pressing.

Then immediately each mat was pressed between polished and coated by silicon wax stainless steel cauls in a 150-ton capacity press with 53 by 53 cm steam-heated platens. The platen temperature and pressing pressures were kept constant throughout each pressing cycle in order to prevent the escape of moisture and promote various reactions between fibers and moisture.

Before physical testing, these boards were conditioned at 20°C and 65% of relative humidity until the weight reached equilibrium, then tested for modulus of rupture in bending and water absorption (24 hrs. at 25°C) by the method of Japanese Industrial Standard for hardboard (JIS A-5907(1961)).

The results and discussions are as follows:

1. The relationship of moisture content in fiber mat to properties of hardboards are shown in Table 1 and Fig. 1 (in this case, all mats were pressed for 10 min at 180°C and 50 kg/cm²). The qualities of boards, i.e. modulus of rupture and water repellancy are substantially improved by increasing the moisture content. The board obtained by pressing of moisture-free mat shows specific gravity of 0.53, modulus of rupture of 10.5 kg/cm² and water absorption of 308%, so that it will be next to impossible to make a rigid board, unless a binder be used when mat is only hot pressed without moisture. The mat pressed by maximum moisture content of 20% in this test gave specific gravity of 1.25, modulus of rupture of 883 kg/cm² and water absorption 18.8%, so it can be said that thermo-reaction of fiber with moisture has a predominant role in hot pressing. At first, thermo-plasticity of fiber mat, especially lignin in fiber must be increased by presence of moisture and consequently the area of bonding between each fiber will be increased greatly. Generally, an initial rise of temperature in fiber mat is strongly influenced by moisture, as thermo-conductivity of water amounts to more than 20 times that of air. In the case of wet pressing process, however, a constant temperature period continues until the moisture is completely gone, then finally the temperature rises again until the end of the pressing cycle. But in this study, the temperature in fiber mat would rapidly reach the hot platen temperature, being covered by flat platen on both surfaces of mat instead of wire screen. For this reason, various thermal reactions between each component of fiber and moisture will be promoted more and more.
2. Influence of pulp freeness at constant moisture and pressing condition is shown in Table 2 and Fig. 2. The qualities are definitely improved with an increase in drainage time. As shown at right side of Table 2, the board made from laminated two mats gives a high quality similar to a board from one mat. Thus, it would appear that effect of freeness on the qualities are, at least in this study, due to the increase of external active surface of fibers. The increased active surface makes possible the increase in contact area of each fiber during pressing, thereby increasing the adhesion between fibers.
3. Table 3 and Fig. 3 show the effect, at a constant moisture in mat, of pressing temperature on the qualities of hardboard. The strength of board gives maximum value at about 180°C, then drops with lower or higher temperature. On the other hand, the specific gravity and water repellancy of board increase progressively with the rise in temperature. It can not be explained clearly, but feasible that decrease of strength is probably due to degradation of the cellulose itself at the higher temperature, and improvement of water repellancy may be the results of hornification of carbohydrate besides the other various reactions. If the mat is pressed without moisture, it can scarcely make any rigid board as represented in Table 5 and Fig. 4. It would seem that to apply extremely high temperature is necessary in order to make rigid board without moisture in mat.
4. Table 4 and Fig. 5 present the relation of pressing pressure and board's properties. The qualities are improved with increase of pressure as a matter of course. But in this case, it is impossible to consider simply the effect of pressure, because moisture in the mat would escape during pressing certainly on the occasion of comparatively low pressure. Nevertheless, it is evident that the mat without moisture can not give a rigid board even by applying considerably high pressure as shown in Table 5 and Fig. 6.
5. The qualities of boards are developed in proportion to the increase of time as repre-

sented in Table 6 and Fig. 7. In view of the velocity of reaction, the time and temperature are interrelated with each other. Therefore, further investigations to obtain the definitive detail of reactivity shall be carried through. A breathing is disadvantageous in this study, as shown in Table 7 and Fig. 8, since the available moisture for reaction escapes during breathing.

6. The qualities of boards were improved with increasing thickness as represented in Table 8 and Fig. 9. This tendency can be observed in wet pressing process, too; but it is difficult to explain the cause. However, it is remarkable to be able to make both thin and thick board by the process employed in this study.

7. To acquire knowledge about wood component which plays a part in the reaction with moisture in hot pressing, the boards were prepared by holocellulose made from Asplund pulp by Wise's chlorite procedure and α -cellulose made from holocellulose by Tappi Standard.

Yield and analysis of obtained samples are shown in Table 9. The properties of hardboards produced with 14% of moisture content in fiber mat, 180°C, 50 kg/cm² and 10 min pressing are summarized in Table 10 and Fig. 10. It will be noted from these results, that board from Asplund pulp gives the best quality, then holocellulose follows it. The board from α -cellulose is mostly inferior in quality. Exactly similar observation was made at pre-test using absorbent cotton fiber.

The effect of lignin on the quality of hardboard is not limited to the endowment of water repellancy for the board, but to some participant in the strengthening of board. The reason a board from holocellulose is weaker than one from Asplund pulp could be supposed that the thermal degradation of cellulose in hot pressing is accelerated by removal of lignin located in outer layer of fibers.

α -cellulose, in which lignin and hemicellulose were removed completely, gives scarcely a rigid board. Thus, it will be thought that the components participating in the effective reaction with moisture during hot pressing are mainly lignin and hemicellulose in fibers.

8. In this study, I tried a surface sizing on fiber mat. At the same time of spraying water on dried mat, paraffin emulsion was mixed into water.

Relationship of the amount of added size and the properties of boards are shown in Table 8 and Fig. 9. In this way, the retention of size can be increased when compared with a stock sizing procedure.

Furthermore, it is not necessary to add paper alum to precipitate the sizing agent. It would appear that the surface sizing is worth investigating also from a point of economical and technical value. The reduction of strength by sizing of water proofing agent is a little more than a case of stock sizing.

9. Conclusions

It must be pointed out from these results, that the role of moisture in fiber mat at hot pressing should be considered from 3 viewpoints as follows;

- 1) Moisture will act itself as the reactive substance to bring a tight bonding between fibers under the heating reaction with wood components.
- 2) Moisture has a role as the plasticizer to promote the thermal compressibility of fiber mat, so as to increase the contact area of each fiber for bonding.
- 3) Moisture will act as the carrier of thermal energy to hasten the rising of temperature in fiber mat and thus promote the thermal reactions as stated above.