

パーティクルボードに関する研究 (Ⅲ)
パーティクルボードの熱圧に関する研究
(第 1 報)
熱圧条件, 主として小片含水率について

岩 下 睦⁽¹⁾
松 田 敏 誉⁽²⁾
石 原 重 春⁽³⁾

1. は し が き

パーティクルボード製造における press cycle は生産量を左右する limiting factor である。したがって生産能率を上げるためには、press cycle の短縮をはかる必要がある。この press cycle の短縮のために従来多くの研究者¹⁾²⁾³⁾⁴⁾ によつて熱圧温度、加熱方法、硬化剤などについて検討されているが、特に F. FAHRNI¹⁾, F. KOLLMANN²⁾ らは小片含水率が熱圧過程におよぼす影響について検討し、3層パーティクルボードの表層の小片含水率を高めることによつてボード内層の初期温度上昇を早め、熱圧時間短縮の可能性を見いだした。さらに3層ボードの単層ボードに対する優位性については KOLLMANN²⁾, H. S. STRICKLER³⁾ によると表層小片の含水率を高めることによつて表層密度の増加と相対的な内層比重の低下を生じ、曲げ比強度などの材質の向上が報告されているが、STRICKLER の場合、ディスタンスバーを使用しないため過度の表層含水率の場合、表層下に接着不良の層が生じ、かえつて材質の低下をきたすことが認められ、異なる結果を生じている。また満久⁶⁾ らによつても小片含水率が熱圧における温度上昇経過ならびに水分分布におよぼす影響について検討され、3層構成のボードの優位性を認めているが、著者らも熱圧前の小片含水率とボード圧縮速度、内部温度上昇速度などの熱圧経過、さらにはボード厚さ方向の水分分布、比重分布および応力の分布の関係について検討し、表層小片含水率をある程度高め、内層小片含水率を低めた場合に好結果が得られたことをすでに報告したが⁷⁾、さらに小片含水率がボード材質におよぼす影響について若干の知見が得られたので、熱圧経過との関連においてその詳細を報告する。

なおこの研究は当场におけるパーティクルボード研究班の共同研究の一部として行なつたもので、種々有益なご指導を賜つた研究班の方々、なかんずく終始適切なるご指導とご援助をいただいた小倉木材部長、田窪化学部長ならびに米沢科長に対し、さらにはなくなられる直前までご懇篤なるご指導を賜つた元繊維板研究室長故村田藤橘氏に対し厚くお礼申しあげる。

2. 実 験 方 法

2.1. 試料の調製

実験に供した樹種はアカマツ (*Pinus densiflora* S. et Z.) で、当场に設置されたシェービング・マシン

(1)~(3) 林産化学部パルプ繊維板科繊維板研究室員

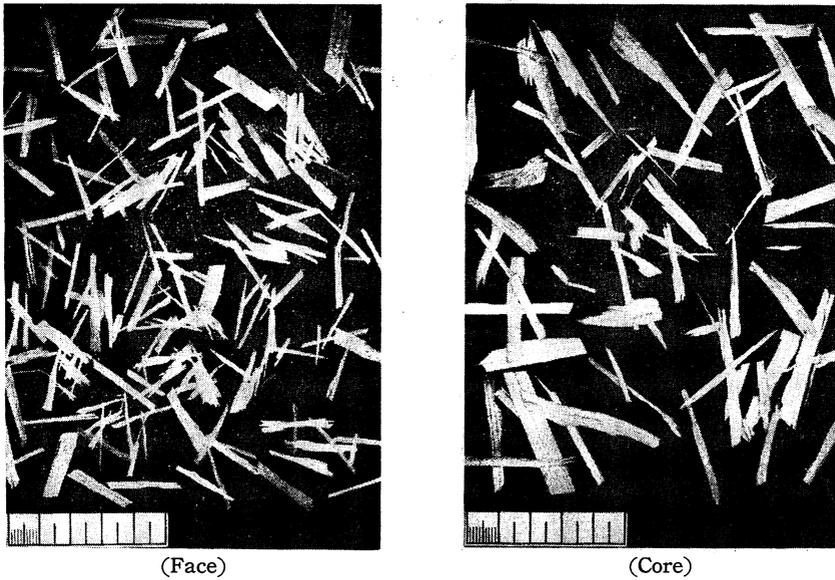


Photo. 1 表層用および内層用小片
Face and core particle

ンおよびクラッシャーにより Photo. 1 のごとき $0.2 \times 1 \sim 3 \times 20 \text{ mm}$ の表層用小片と $0.5 \times 3 \sim 6 \times 40 \text{ mm}$ の内層用小片を作製した。小片含水率は接着剤塗付後において表層を 25%, 20%, 15%, 内層を 15%, 10%, 5% になるように調湿した。

なお小片含水率の調整は空気調湿による場合、均一な規正が困難であるため、いつたん 100°C の熱風中で全乾にした小片に規正水分量を実験用グルー・コーティング・マシンにてスプレーし、2日間密閉容器中にて水分を安定せしめてから使用した。このようにして調整された小片の水分状態が空気調湿によるものと異なることが考えられるが、予備試験の結果ではほとんど差異がなく、小片の厚さが $0.2 \sim 0.5 \text{ mm}$ 程度のごく薄いものであるから、2日間の放置で一応全乾にしたことと水スプレーによる影響はないものとした。

2.2. 成板条件

接着剤は尿素樹脂 (イゲタライム UA-104), スプレー時の濃度 55%, 含脂率は表層 11% (全乾小片に対する固形樹脂分量), 内層 7%, 硬化剤は使用しなかつた。ホーミングは内法 $25 \times 25 \text{ cm}$ の木枠中に表層・内層の全乾重量比が 1 : 1 になるように手で散布した。熱圧温度は 140°C で一定, 圧縮圧は初期圧縮圧を 35 kg/cm^2 , 25 kg/cm^2 , 15 kg/cm^2 とし, 加圧 3 分後から 2 分ごとに上の熱盤がディスタンスパーから離れないようにして step down させた。そのため熱盤に精度 $1/100 \text{ mm}$ のダイヤルゲージを固定し, その指針の動きにより熱盤がパーから離れる瞬間を予知した。圧縮圧の経過は Fig. 1 ~ 4 に示すとおりである。熱圧時間 10 分および 20 分,

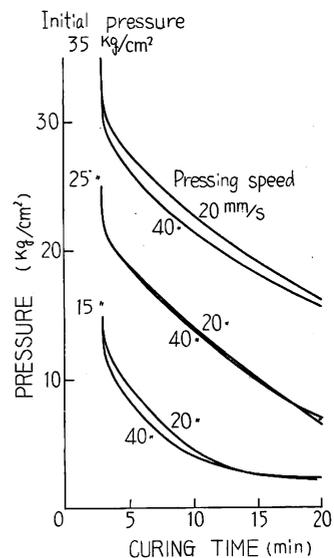


Fig. 1

予備試験における圧縮圧経過
Schedule of pressure in trial run

ボード厚さ 20 mm (厚さ規正にはディスタンスパー使用), ボード比重 0.65, 成板面積 $25 \times 25 \text{ cm}^2$, 成板枚数は各条件 2 枚とした。

なお 97 cm 角ボードの成板条件は同じ試料を用い, 表層小片含水率 25% および 20%, 内層小片含水率 10% のみとし, 接着剤は尿素樹脂(プライアミン T. D.-511, 濃度 50%), 含脂率は表層 11%, 内層 7%, 硬化剤は catalyst 376 を樹脂液に対し 3% 添加, ホーミングは当該設置のホーミングマシンを用い, 内法 $97 \times 97 \text{ cm}$ の木枠中に機械的に散布した (表層・内層全乾重量比 1 : 1)。熱圧温度は 140°C で一定, 熱圧時間は 20 分, 圧縮圧は 25 kg/cm^2 , 15 kg/cm^2 , 10 kg/cm^2 , 5 kg/cm^2 とそれぞれ 5 分間隔に step down した。ボード厚さ 20 mm (厚さ規正にはディスタンスパー使用), ボード比重 0.65, 成板面積 $97 \times 97 \text{ cm}^2$, 成板枚数各 2 枚とした。

2.3. 熱圧経過測定方法

2.3.1. ボードの圧縮速度

ボード熱圧の際, ホットプレスの上の熱盤がホーミングせる小片堆積物の上面に接触してからディスタンスパーに接するまでの時間を t (秒) とし, 小片ホーミング厚さからディスタンスパーの厚さを差し引いた距離を h (mm) とした。場合に, h/t (mm/s) をもつて圧縮速度とした。

2.3.2. 内部温度上昇時間

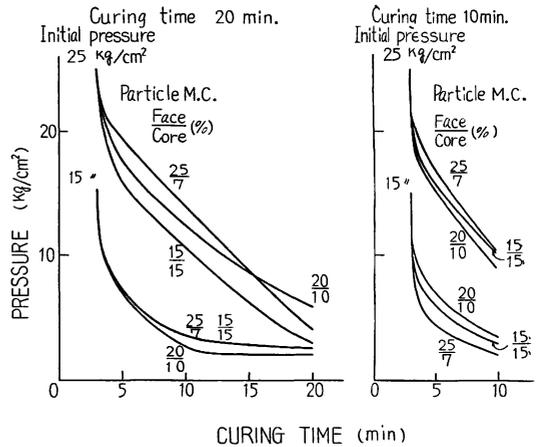


Fig.2 圧縮圧経過 (1)

Schedule of pressure in main experiment (1)

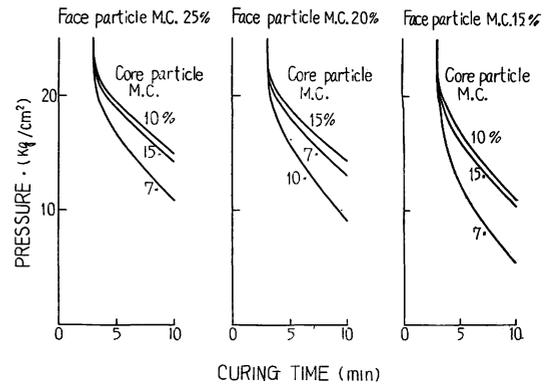


Fig.3 圧縮圧経過 (2)

Schedule of pressure in main experiment (2)

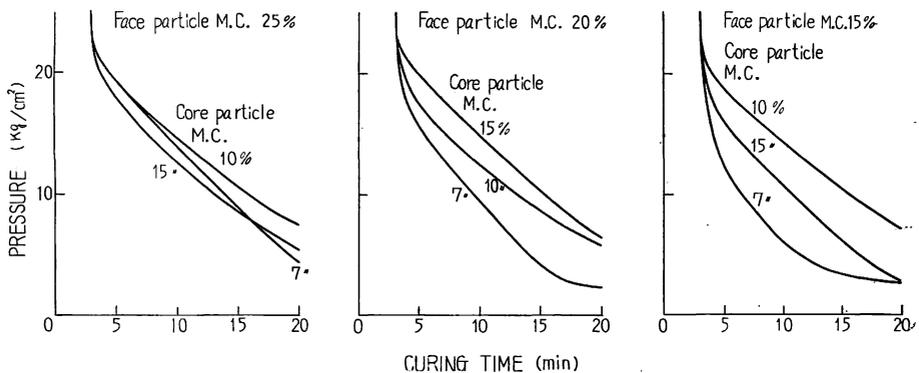


Fig.4 圧縮圧経過 (3)

Schedule of pressure in main experiment (3)

銅コンスタンタン熱電対をホーミングの際、ボード内層中央部（厚さ方向にも平面的にも）にあらかじめ挿入し、内部温度を熱電型温度自動記録計に自記せしめ、上の熱盤が小片堆積物に接触してから 100°C 付近の恒温状態に達するまでの時間を測定した。

2.4. 材質試験方法

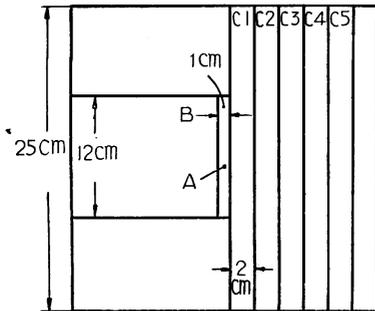


Fig.5 主実験における試験片の採取
Sampling of specimen in main experiment

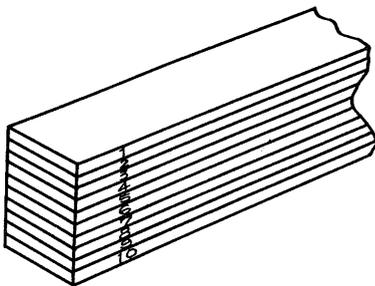


Fig.6

歪み・含水率・比重分布測定用の試験片
Test specimen for measurement of
distribution in strain, moisture
content and specific gravity

分布は No. 1 から No. 10 までであるが、両面对称として No. 1 と 10, No. 2 と 9, ... No. 5 と 6 のそれぞれ 2 点を同一条件とし、さらに成板試料各条件 2 枚であるから合計 4 点の平均値で示した。

なお実用規模のボードにおける比重、含水率、応力の平面的な分布を調べるために Fig. 7 のごとく中心部および周縁部 2 カ所より 3 個の試料 (S) を熱圧直後に採取し、個々の試料については前述の方法で厚さ方向の各種の分布測定を行なった。

2.4.3. 機械的性質

表面硬度はブリネル硬度計を用い、Fig. 5・C のごとき曲げ試験片を木取る前（成板直後）の 12×14×2 cm の試料（各条件 2 枚）の表面に一定間隔に 15 点測定点を求め、1 条件合計 30 点を測定した。ブリネル硬度測定方法は木材のカタサ試験方法 JIS Z 2117—1957 によった。

曲げ試験は表面硬度測定後の試料を 20°C, 65% にて調湿し、試料の関係で断面 2×2 cm, Span 20 cm とし、1 条件 8 本とした。

剪断試験は曲げ試験終了後、試験片の端部より採取した試験片を用い、木材の剪断試験方法 (JIS Z 2114

2.4.1. ボード厚さ

成板直後、精度 1/100 mm のマイクロメーターにより 9 点測定した（成板試料 2 枚で計 18 点）。

2.4.2. 板面平行方向の応力・含水率・比重の分布

厚さ測定後直ちにボードを半分に切断し、その 1/2 のボードから Fig.5・A のごとき試料を採取し、B のみはこれらの分布の時間的変化測定用試料として 20°C, 湿度 65% にて保管した。

応力分布の測定は応力を直接測定することが困難であるため、木材乾燥において用いられている測定法⁹⁾と同様に Fig.6 のごとく板面平行に糸鋸機により 10 分割し、鋸断前後のそれぞれの長さを精度 1/100 mm のマイクロキャリパーで測定した。この試験片の鋸断前後における長さの差、すなわち歪みが熱圧によつてボードが受けていた応力の種類とその程度を示すことになる（実際には鋸断前後の長さの差をもとの長さの単位長あたりで示す）。すなわち鋸断前後の長さが前より縮んで短くなったときは引張り応力を受けていたことになり、伸びて長くなったときは圧縮応力を受けていたことを示す。

含水率分布の測定は応力（歪み）測定用の試験片を鋸断後直ちに重量測定し、含水率測定用とした。比重分布の測定は同じ試験片の全乾時の重量と dimension から求めた。これらの分

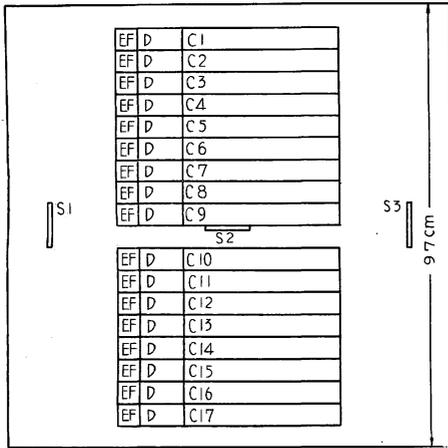


Fig. 7 補足試験における試験片採取
Sampling of specimen in supplemental experiment

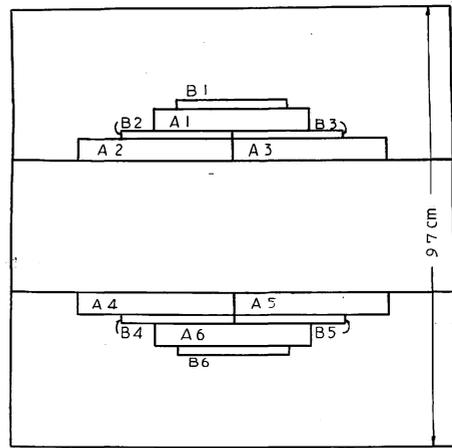


Fig. 8 補足曲げ試験における試験片採取
Sampling of specimen in supplemental experiment (bending)

—1957) により板面平行に内層において剪断せしめた。試験片個数は1条件 16 個である。

また実用規模 (97cm 角) の場合は Fig. 7 のごとき試験片採取を行ない、剥離抵抗試験を終わった試料の両端から各 1 個の剪断試験片を採取した。さらに上記曲げ試験の断面 $2 \times 2 \text{ cm}$, Span 20 cm の試験片は Span/試料高の値が 10 であるため剪断の影響を強く受けていると思われるので、実用規模の場合は $2 \times 5 \text{ cm}$ 断面, Span 30 cm (Span/試料高=15) の試験片を採用したが、両者の試験片形状の関係を知るために別に 1 枚の試料を用い、Fig. 8 のごとく比較試験用の試料を採取した。

3. 熱圧経過におよぼす熱圧条件の影響

3.1. 初期圧縮圧とプレスの加圧速度の予備的検討

ボード熱圧の際、初期においては含水率高く、小片の compressibility が大きいので、ディスタンスバーが上の熱盤につく時間を短くすることにより、すなわちボードの圧縮速度を高めることによりボード表面の性質が良くなり、高比重の表層と低比重の内層の組合せにより一定比重のボードの曲げに対する性質も向上するといわれている²⁾。圧縮速度を高めるためには一般に初期圧縮圧を高める必要があるが、プレスの加圧速度を大きくすることによつてもボードの圧縮速度を高めることができる。この実験に使用した実験用 150 ton ホットプレスのポンプの吐出量は可変 (0~20 l) になっているため、予備的に初期圧縮圧を 15 kg/cm^2 , 25 kg/cm^2 , 35 kg/cm^2 にとり、各圧縮圧においてポンプの吐出量を規制してプレスの加圧速度を 20 mm/s , 40 mm/s とし (この場合低圧、高速のプレスの閉鎖速度を意味し、被圧縮物に接するとある時期に高圧低速に切り換わり、速度は大体 1/10 となる)、それぞれボードの圧縮速度、内

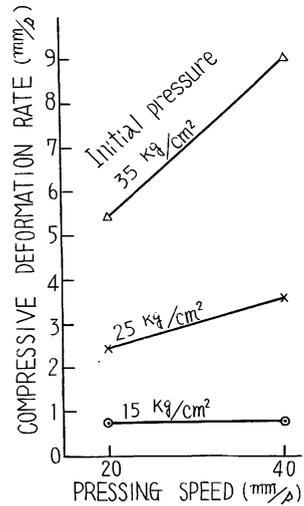


Fig. 9
圧縮速度におよぼす初期圧縮圧およびプレスの加圧速度の影響
The effects of initial pressure and pressing speed on compressive deformation rate

部温度上昇時間，ボード厚さを測定した。

3.1.1. ボード圧縮速度

Fig. 9は初期圧縮圧およびプレスの加圧速度とボードの圧縮速度 (compressive deformation rate) と

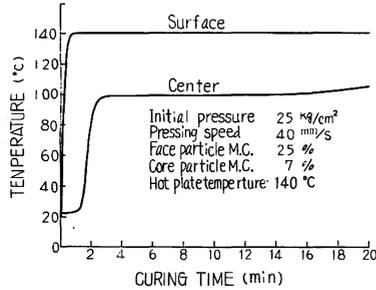


Fig.10 熱圧中のボードの温度経過
Temperature curves in the center and on the surface of board

の関係を示すが，初期圧縮圧が大になるにつれて圧縮速度は大になつている。これはこの実験のボード比重 0.65のごとく，ボード比重がある程度高い場合についてのみいえることであつて，比重がこれより低い場合は加圧に対するボードの抵抗が少なくなり，初期圧縮圧による圧縮速度の差はなくなるものと思われる。

またプレスの加圧速度が圧縮速度におよぼす影響は初期圧縮圧 15 kg/cm² においてはほとんど認められないが，25 kg/cm²，35 kg/cm² においては加圧速度大なるほど，圧縮速度が大となつている。したがつて比重の高いボードを熱圧する場合にボー

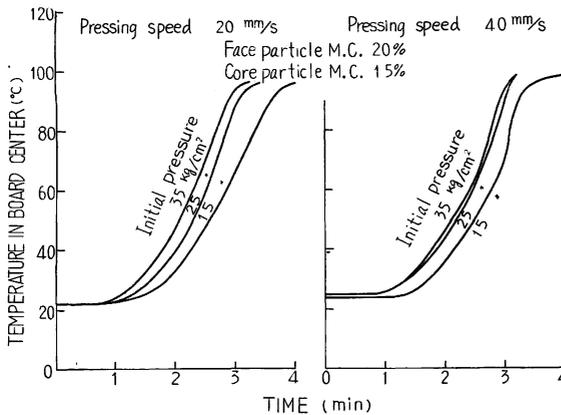


Fig.11 熱圧初期の内部温度上昇経過
Rate of initial temperature rise in the center of particle board during the hot pressing for three initial pressures and two pressing speeds

ドの圧縮速度を大にするためには少なくとも初期圧縮圧は 15 kg/cm² より高くし，プレスポンプの吐出量を大にして加圧速度を高める必要がある。

3.1.2. 内部温度上昇時間

ボード熱圧における温度上昇経過は Fig. 10 に示すごとく，まず表面層の温度が熱圧直後に熱盤温度に達し，そのまま熱圧終了まで一定温度を保つが，内部温度は表面温度におくられて徐々に上昇し始め，表面温度が熱盤温度に達した後に急上昇する。しかしして 100°C 付近に達した後，恒温状態となり，熱圧末期に水分減少とともにふたたび上昇曲線を

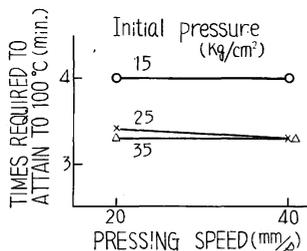


Fig.12 熱圧初期における内部温度上昇時間におよぼす初期圧縮圧とプレスの加圧速度の影響
The effects of initial pressure and pressing speed on initial temperature rise

たどる。しかしこの内層温度曲線は小片の含水率，ボード比重，小片形状などに左右され，いつたん 100°C 以上まで昇り，若干低下して恒温状態にはいる場合も報告されているが³⁾⁶⁾，この実験においてはかかる現象はほとんど認められなかつた。

3.1.3. ボード厚さ

成板直後のボード厚さに対する初期圧縮圧とプレスの加圧速度の影響は Fig.13 に示すごとく内外層の小片含水率の組合せが一定の場合 (この場合 $\frac{\text{Face}}{\text{Core}} = \frac{20}{15}\%$)，初期圧縮圧ならびに加圧速度大なるほど，すなわちボードの圧縮速度大なるほどわずかに薄くなる傾向にある。

以上の予備実験の結果、比重 0.65 程度のボードを成板する場合、初期圧縮率は 15 kg/cm^2 では不足であり、また 35 kg/cm^2 では実際問題から考えてもプレス容量が大きくなり過ぎ、 25 kg/cm^2 程度が適当と思われる。したがって以後の実験においては初期圧縮率 25 kg/cm^2 を主体とし、加圧速度は 40 mm/s を用いることにした。

3.2. ボードの圧縮速度と内部温度上昇時間におよぼす初期圧縮率と小片含水率の影響

熱圧前の最適小片含水率はボード比重、熱圧条件などにより一定しないが、単層ボードの場合 5~18% とされている¹⁰⁾。したがってこの実験においては過剰水分による熱圧時のパンクの危険をさけるため平均含水率を 15% とし、表層と内層の含水率を 25% : 5%, 20% : 10%, 15% : 15% としたが、内層小片含水率 5% は接着剤塗付前の小片含水率を全乾にせねばならず、いつたん全乾にしても接着剤塗付までに空中湿気を吸収し、塗付後に約 7% 程度になってしまう。

これらの組合せの含水率の小片を熱圧せる場合の初期圧縮率、組合せ含水率と圧縮速度、温度上昇時間の関係は Fig.14 のとおりである。これによると初期圧縮率 25 kg/cm^2 の場合、平均含水率が大約等しいと圧縮速度は表層小片含水率を高く、内層小片含水率を低くした時に小さく、表層小片含水率が低くなり、内層小片含水率が高くなるにつれて大になる。これは内層小片の compressibility が低含水率ほど小であることに強く影響されていると思われる。初期圧縮率 15 kg/cm^2 の場合はボード比重 0.65 程度では圧縮速度はこの含水率の組合せの範囲においてほとんど差がなく、その絶対値もきわめて低い。

また同じ組合せ含水率における初期圧縮率 25 kg/cm^2 と 15

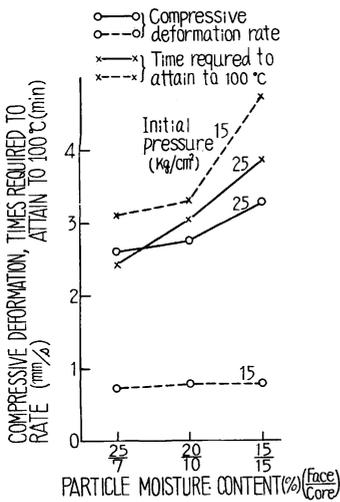


Fig. 14

熱圧初期におけるボードの圧縮速度と内部温度上昇時間におよぼす初期圧縮率と小片含水率の影響

The effects of initial pressure and combined particle moisture content on compressive deformation rate and initial temperature rise

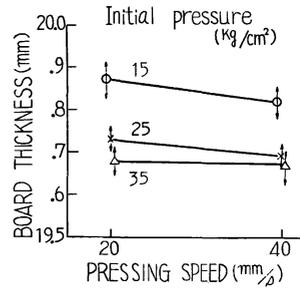


Fig. 13

ボード厚さにおよぼす初期圧縮率と内部温度上昇時間の影響
The effects of initial pressure and pressing speed on board thickness

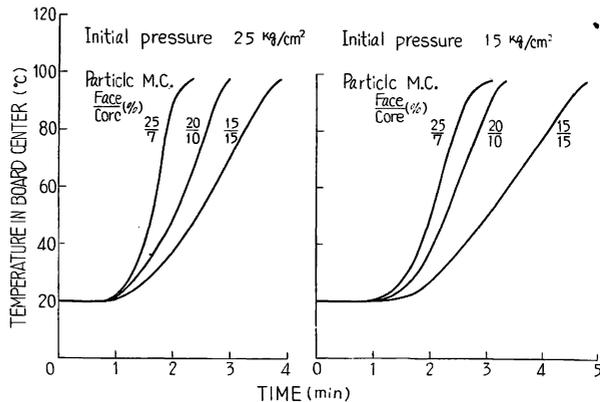


Fig. 15 熱圧初期の内部温度上昇経過

Rate of initial temperature rise in the center of particle board during the hot pressing for two initial pressure and three combined particle moisture content

kg/cm² の場合の内部温度上昇曲線は Fig.15 のとおりで、温度上昇は初期圧縮圧にかかわらず表層と内層の含水率が 25% : 7% の組合せのときに最も早い。100°C 付近に達するまでの時間で表わすと Fig.14 のごとく初期圧縮圧 15 kg/cm² より 25 kg/cm² の方がいくぶん早くなっている。これは前述のごとく初期圧縮圧大なるほど圧縮速度大であるため heating medium との contact resistance が良くなり、したがって内部温度上昇も早くなると思われる。以上の結果、内部温度上昇におよぼす初期圧縮圧の影響は小片含水率に比べて少ないようである。

上述の圧縮速度の結果から考え、比重 0.65 程度では 25 kg/cm² の初期圧縮圧を用うべきである。

3.3. ボードの圧縮速度と内部温度上昇時間におよぼす表層および内層小片含水率の影響

表層と内層の小片含水率がボードの圧縮速度と内部温度上昇時間におよぼす影響をさらに明確にするために初期圧縮圧 25 kg/cm² のみにて表層と内層の小片含水率を 25%, 20%, 15% および 7%, 10%,

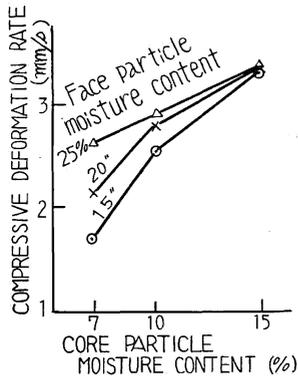


Fig. 16

ボードの圧縮速度におよぼす表層および内層小片含水率の影響
The effects of moisture content in face and core particle on compressive deformation rate

15% とそれぞれ単独に変化せしめた。

3.3.1. ボードの圧縮速度

Fig. 16 に示すごとく内層小片含水率一定の場合、表層小片含水率の増加とともに圧縮速度は大になる。その傾向は内層小片含水率が低いほど顕著であり、内層小片含水率が高いほど、表層小片含水率の影響が少なくなる。圧縮速度絶対値は内層小片含水率が高いほど大であり、この結果からは表層小片含水率より内層小片含水率の方が圧縮速度におよぼす影響は大である。

一般に小片含水率の増減により小片の可塑性が増減し、compressibility に影響すると考えられるが、内層小片の含水率が高い場合は内層小片の compressibility が大になるため、表層小片含水率に影響されずに圧縮速度が大になり、内層小片の含水率が低い場合は内層小片の厚さが厚いため特に compressibility が小さく、圧縮速度は全般に小になるが、傾向としては表層小片の含水

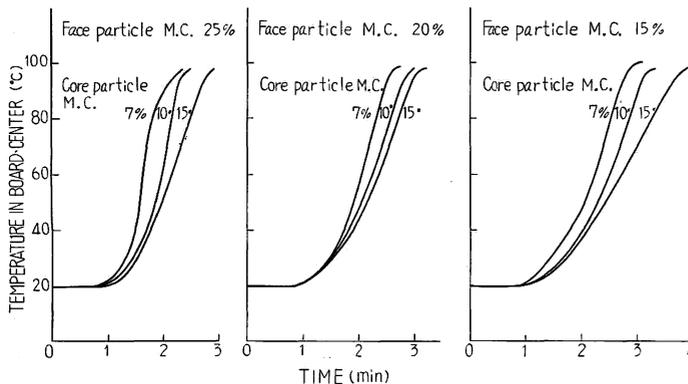


Fig. 17

表層および内層小片含水率を変えた場合の熱圧初期の内部温度上昇経過
Rate of initial temperature rise in the center of particle board during the hot pressing for three moisture content in surface particle and three moisture content in core particle

率が高いほど、表層部分がより多く圧縮されて、やや圧縮速度が増大している（内層小片の含水率が高いものに比べ小であるが）。したがって後述のごとく表層比重が高く、内層比重が低くなる傾向にある。しかし上述のごとく内層小片の dimension が表層小片より大きいため、それらの含水率が compressibility におよぼす影響は内層小片の方が大であり、したがって表層

小片含水率より内層小片含水率の方が圧縮速度におよぼす影響は大であると考えられる。

3.3.2. 内部温度上昇時間

ボード内部の初期温度上昇は Fig.17 に示すごとく含水率の多少にかかわらず内層含水率が低いほど早くなっている。これを 100°C 付近に達するまでの時間と含水率の関係で示すと Fig.18 のごとくなり、内層小片含水率一定の場合、表層小片含水率の増加とともに温度上昇時間は短縮されている。

一般に heating medium からの熱の伝達は medium として熱盤より蒸気の方が contact resistance が小さいため良好であるが、表層小片水分が多いほど、表層小片水分が蒸気となる度合いが強く、しかもその蒸気は内層を通過して端面から蒸発するので、熱が伝達されやすくなり、したがって表層水分が多いほど、内部温度上昇は早くなる。また内層の水分が低い場合、この程度の含水率範囲では低含水率ほど熱拡散率が大きいため¹¹⁾、内部温度の上昇は早くなると考えられる。

しかして圧縮速度は内層小片の含水率がこの程度の範囲では高いほど大であり、圧縮速度大なる場合に必ずしも内部温度上昇時間は早くならず、圧縮速度と温度上昇時間の間には一定の関係がないことになるが、これはすでに述べたごとく表層と内層の小片の compressibility の相違による 3 層ボードの特殊性といえることができる。

したがって圧縮速度と内部温度上昇時間の点からは小片含水率として表層 25%、内層 7% 程度をとるべきであると考えられる。

4. 熱圧条件がボードの物理的性質におよぼす影響

4.1. ボード厚さ

ボードの厚さ規正にはディスタンスバーが用いられるが、それにもかかわらずボード厚さはプレス中のボードの応力弛緩に影響され、ボード比重、熱圧温度、時間などが一定の場合はボード含水率によつて厚さが左右される¹²⁾。本実験においては初期圧縮圧、熱圧時間、熱圧前の小片含水率を変化してこれらのボード厚さにおよぼす影響について検討した。

ディスタンスバーにより一定厚さに抑えられている場合、加熱により水分が減少するとその厚さを起点としてボードは収縮しようとし、いわゆる compression shrinkage を起こす。この関係を説明するためには熱圧中のボード内の水分の動きについてさらに詳しく説明する必要がある。表層の水分はまず加熱されて蒸気となり、表層から内層に向かう温度傾斜に応じて蒸気圧傾斜を生ずると同時に蒸気圧傾斜がボード中央部から端面に向かつて生ずる。したがって表層の蒸気は内層に向かつて移動し、表層の水分は減少し、蒸気圧も低下するが、一方水分は内層に蓄積され、内層の蒸気圧は増加する。それゆえ熱圧初期に生じた表層から内層への蒸気圧傾斜は逆の傾向にならなければならない。したがって蒸気はふたたび表層に向かわねばならないが、表層から内層へ向かつて低くなる温度傾斜が存在するため、蒸気は表層へ逆行せ

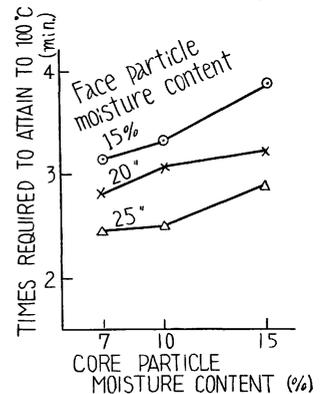


Fig. 18 熱圧初期の内部温度上昇時間におよぼす表層および内層小片含水率の影響
The effects of moisture content in face and core particle on the rate of initial temperature rise

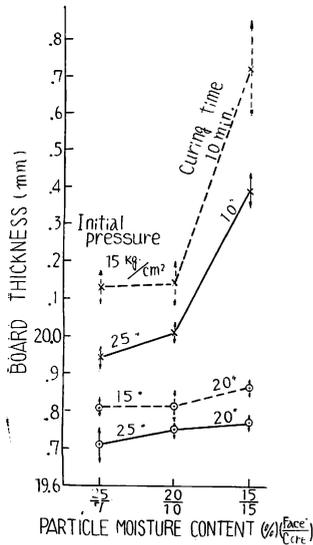


Fig. 19 ボード厚さにおよぼす初期圧縮圧と小片含水率の影響

The effects of initial pressure and combined particle moisture content on board thickness

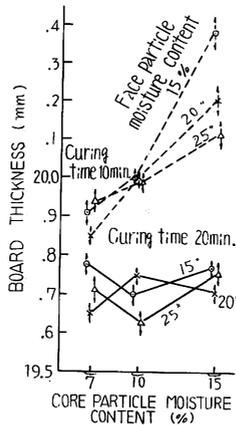


Fig. 20 ボード厚さにおよぼす小片含水率と熱圧時間の影響

The effects of moisture content in face and core particle, curing time on board thickness

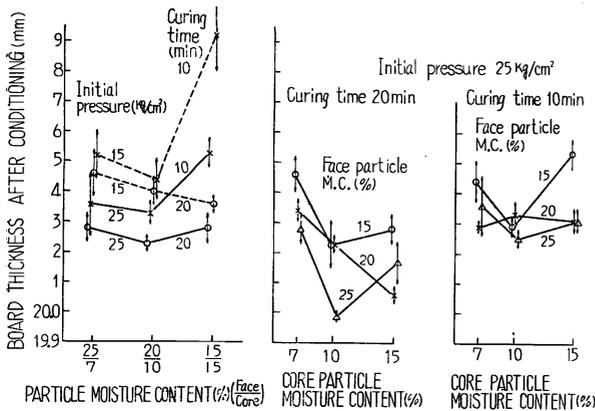


Fig. 21 種々な熱圧条件において規正後のボード厚さ
Board thickness after conditioning in various curing condition

くなり、表層小片 15%、内層小片 15% の場合はボード内部において水分がいつたん増加してからまた減少するという現象は見られず、熱圧時間が長くなれば内層水分は蒸発するため収縮を起し、ディスタンスパーより薄くなるが、10 分の熱圧では内部水分はまだ高く compression shrinkage を起こさずに springback する。

初期圧縮圧がボード内部水分分布におよぼす影響はほとんど見られないが、初期圧縮圧が高いと圧縮速度大なるため、早く一定厚さに達し、compression shrinkage を生ずる可能性が増大し、厚さが薄くなる

ずに最も抵抗の少ない方向に進み、中央部から端面への蒸気圧傾斜に沿って徐々にボード端面から蒸発する。それらの関係は Fig. 22 (a), (b) によつて説明される。たとえば表層小片含水率 25%、内層小片含水率 7% の組合せのものは 10 分間熱圧後 Fig. 22 (b) のごとく中心 5, 6 よりその外層 4, 7 の方が含水率は高く、表層から内層に向かつて水分が移動していることを示す。

しかしかかる際に厚さはパーにより規正され、水分増加による膨脹はできない状態にある。しかしして 20 分後の水分分布はふたたび中心の水分が減少し始め (Fig. 22 (a)), 膨脹し得なかつた点を起点としてボードは収縮を始めるものと思われる。一方表層小片含水率が高いほど、また内層小片含水率が低いほど、表層から内層への水分移動は大となるので、膨脹しようとする力も大きく、しかもいつたん増加する水分量が大きなるわりに Fig. 22 のごとく含水率低下も大であるため compression shrinkage の量も大となり、厚さがディスタンスパーより薄くなるものと思われる。平均含水率が大体等しい場合 (Fig. 19), 表層小片含水率を減少させても内層小片含水率が高いと前述のごとき水分の変動が少なく

ものと思われる (Fig. 19)。

表層小片の含水率を一定にし、内層小片の含水率を変化させて成板したボードの内部水分と厚さの関係は Fig. 20, 23, 24 に示すごとく内層小片の含水率が大になるほど、ボードの内層含水率は高くなり、compression shrinkage の傾向が少ない。特に 10 分間熱圧では収縮を起こすまでに至らずに springback を生ずるが、熱圧時間が長いと (20分), compression shrinkage を起こし厚さが薄くなる。

表層小片の含水率は内層小片の含水率ほどボード厚さに影響を与えないが、内層小片含水率が高い場合は熱圧 10 分にて springback して厚さが厚くなる。しかし表層小片の含水率が相対的に高くなると内層に向かって低い水分分布を生じ、compression shrinkage により厚さがしだいに薄くなる傾向にある。

しかしながら 20°C, 65% の空気条件にて調湿せるボードの厚さは Fig. 21 のごとく全般的に規正厚さを越えて膨脹しており、その傾向は大体において熱圧中の compression shrinkage の大なるものほど、厚さ膨脹が大になっている。しかして、この調湿は必ずしも全面的な湿気の吸収とはかぎらない。たとえば Fig. 22 に示す熱圧直後の水分分布は調湿後 Fig. 25 のごとくなり、表層部は含水率

増加の傾向を示すが、ボード中心付近では熱圧時間 20 分の場合は内層含水率も 8~11% 程度まで低下しているため、調湿による変動はほとんどないが、熱圧時間 10 分の場合は内層含水率がきわめて高いため調湿によりかえって含水率の減少を生じている。

それゆえ調湿による厚さ膨脹は表層含水率の増加による表層部の膨脹が原因していると考えられるが、調湿前後の各層の厚さ変化を測定してないので、かかる水分変化のみでその原因を直ちに推論することは

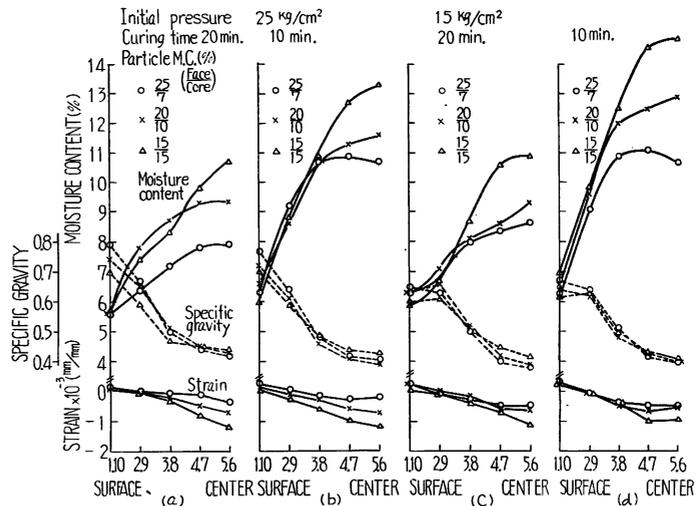


Fig. 22 種々な熱圧条件における含水率・比重・歪み分布
Distribution of moisture content, specific gravity and strain in direction to board thickness for various curing condition

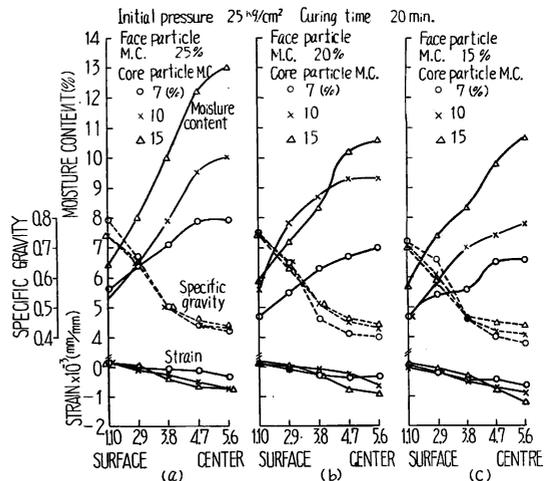


Fig. 23 表層および内層小片含水率をかえた場合の含水率・比重・歪み分布
Distribution of moisture content, specific gravity and strain in direction to board thickness for moisture content in face and core particle (curing time; 20 minutes)

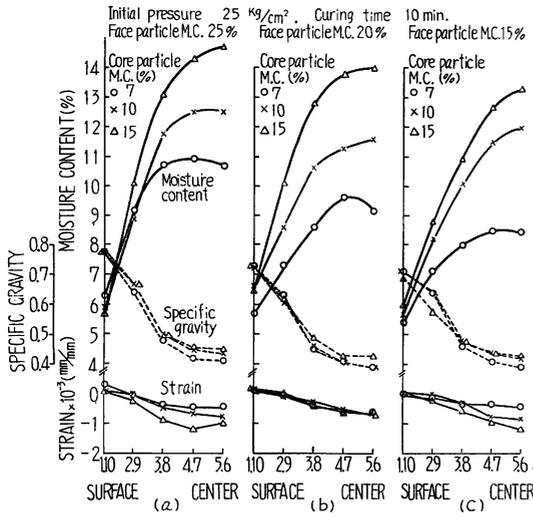


Fig. 24 表層および内層小片含水率をかえた場合の含水率・比重・歪み分布

Distribution of moisture content, specific gravity and strain in direction to board thickness for moisture content in face and core particle (curing time: 10 minutes)

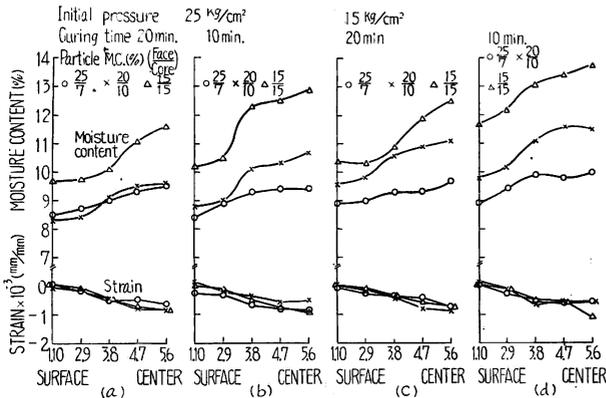


Fig. 25 調湿後における含水率・比重・歪み分布
Distribution of moisture content, specific gravity, and strain after conditioning in direction to board thickness

下の原因になる恐れがある。

したがってなるべく使用時の平衡含水率に近い含水率と水分傾斜のない状態で成板することが望ましい。かかる意味において熱圧前の表層および小片含水率を種々な組合せにした場合のボードの厚さ方向の含水率の分布状態を調べてみた。ボードの水分は除圧直後に急激な蒸気の発散が起こるため実際の含水率分布とはいくぶん異なるが大体の傾向は知りうると思われる。

厚さ方向の含水率分布は Fig. 22~24 に示すとおりで、表層小片の含水率の大小にかかわらずボード表層含水率は 5~6% になり、内層小片の含水率が低いほど、水分傾斜はゆるくなっている。Fig. 26 はこ

できない。なぜならば後述のボードの機械的性質において表層の高比重と内層の低比重を裏づける結果もでており、熱圧時の残留応力が調湿の結果 compression shrinkage を起こした内層をも springback せしめているのではないかと考えられ、調湿による厚さ膨脹の実態はさらに今後の検討にまたなければならぬ。

したがって比重 0.65 のボードを製造する場合、ボード厚さを熱圧直後において規正厚さに近づけるためには表層小片含水率 20~25%、内層小片含水率 7~10% の範囲で熱圧時間を 20 分より短くする必要があり、初期圧縮圧を 25 kg/cm² にするならば熱圧時間を 10 分程度にせざるを得ない。

しかし実際面より考えた場合熱圧直後にボード厚さを規正厚さに近づけるよりもむしろ

調湿後に規正厚さに近づけることの方が重要であるとも考えられるので、その意味からは初期圧縮圧 25 kg/cm²、熱圧時間 20 分、表層小片含水率 20~25%、内層小片含水率 10~15% の場合が規正厚さを越えて springback が少ないように思われる。

4.2. ボードの厚さ方向の含水率分布

熱圧前の小片含水率は成板されたボードの含水率分布にもきわめて大きな影響を与え、極端な水分傾斜を有する場合は後の水分の動きのために材質低

これらの水分傾斜を内外の含水率差で表わしたものである。もちろん表層小片の含水率も低いほど水分傾斜はゆるくなるが、その影響は内層小片の含水率に比べ少ない。初期圧縮による影響はほとんど認められず、熱圧時間を短くすると内外含水率差は大きくなる。

内層小片の含水率の影響が大きいことは表層水分が内層を通り端面から蒸発するため、内層小片含水率が低いほど、熱圧初期に内層に向かってより大きな蒸気圧傾斜を生じ、蒸気の移動性が良くなり、内層を通過して水分は蒸発しやすいことを示している。したがって水分傾斜が少ないという点では可及的に内層小片含水率が低い方がよい。

また調湿後の水分分布は 4.1. 項に述べたごとく Fig.22 に示す水分分布が Fig.25 のごとくなる。すなわち表層含水率は全般的に増しているのに対し、内層含水率は熱圧時間 20 分 (Fig.25 (a), (c)) の場合ほとんど変化しないが、熱圧時間 10 分の場合は逆に減少し、水分傾斜が少なくなる傾向にある。このような水分の変動には当然個々の小片の収縮を伴い、接着層に無理な応力がかかることが予想されるので、ボード材質に悪影響を与えるものと思われる。したがって熱圧時間 10 分の場合のごとき極端な水分傾斜を残すことは望ましくない。

4.3. ボード厚さ方向の比重分布

3層構成のパーティクルボードはいわゆる sandwich construction の理論に基づくもので、高比重の表層と低比重の内層をうるために小片の形状を表層と内層で変えているが、ボードの比重分布は熱圧時の諸条件によつても変動し、たとえば表層・内層の小片形状同一の単層ボードの場合でも 比重分布に影響を与える。Fig.27 は小片形状を表層小片 (0.2×1~3×20 mm) のみの単層ボードにおいて小片含水率も15%一定にした場合のボードの厚さ方向の比重分布であるが、小片形状、小片含水率が内外とも均一にしても熱圧初期の温度傾斜により比重傾斜を生ずることを示し、初期圧縮が低い場合は圧縮速度がおそいため、表面の性質が荒れ、表面比重が低下するものと思われる。しかし STRICKLER⁵⁾ はこの表面比重低下の原因について熱圧初期の表面水分の急速な移動と内層の低温によるその移動水分の中間層における凝縮滞留が原因であると指摘している。このように外部的に加熱すること自体により比重傾斜を生ずるが、表層、内層において小片形状、小片水分を変える場合はさらに極端な比重分布を生ずることが当然予想される。

Fig.22~24 中の比重曲線はこれらの関係を示すが、Fig.28 は特に諸種の熱圧条件とボードの表面層および中心比重をひろいだしたものである。すなわち厚さ方向の比重分布は表層小片含水率大、内層小片含水率小なるほど、表層比重大となつていくが、

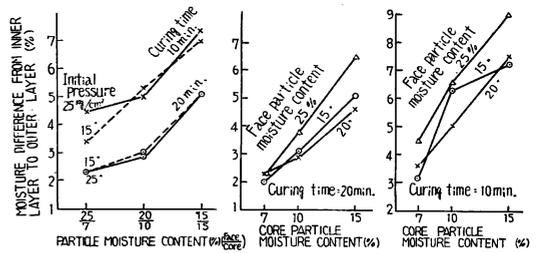


Fig.26 内外含水率差におよぼす熱圧条件の影響
The effects of various curing conditions on moisture difference from inner layer to outer layer

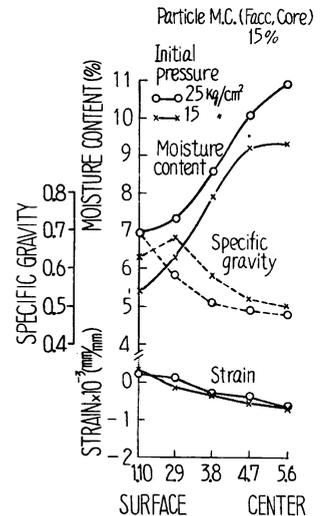


Fig.27 単層ボードの場合の含水率・比重・歪み分布
Distribution of moisture content, specific gravity and strain in direction to board thickness in the case of monolayer board

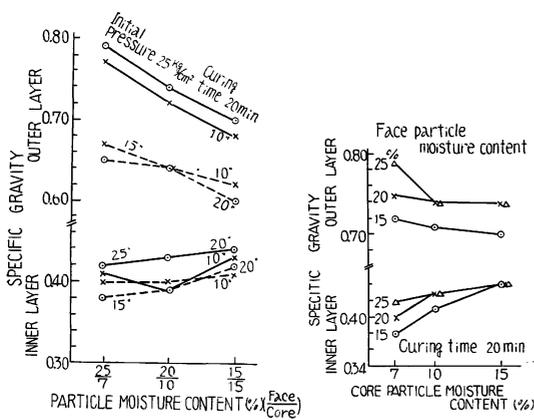


Fig. 28 内外層の比重におよぼす熱圧条件の影響
The effects of various curing conditions on specific gravity in outer layer and inner layer

が高い場合、より多く表層小片が圧縮されるが、絶対水分量も多いため同時に内層小片も圧縮され（内層小片の含水率が高い場合に比べればその傾向は少ないが）、内層比重が高くなる傾向にある。しかし後述のボード材質の点から内層の比重を低くしすぎることは内層の接着力を弱める結果となるので、必ずしも内層比重を低くすることが得策とはいえない。したがってこの実験の範囲では表層 25%、内層 7~10% の小片を用いて成板することが sandwich construction board としての特殊性を発揮しうると考えられる。

4.4. ボード板面平行方向の応力

ボードは熱圧中に接着剤の硬化とある程度の水分蒸発が行なわれるが、表面層は 100°C 以上の熱盤に接して過乾燥となり、いわゆる set された状態になり、木材乾燥の場合⁹⁾¹⁰⁾に生ずる応力と同様な応力を生ずることが予想される。ただし木材乾燥の場合は繊維に直角方向の応力であるため、応力も比較的大きいが、パーティクルボード熱圧の場合は繊維方向に長い小片が板面にほとんど平行に、しかもその面においてランダムに配列しているため、もつとも収縮の少ない繊維方向の小片に互いにおさえられた形になり、板面に平行方向の収縮は少ない。したがって板面平行方向の応力は木材乾燥の場合に比べ、その絶対値は小さいと考えられるが、わずかな残留応力でも成板面積が大きくなるとボードの狂いに影響する恐れがある。

しかるに熱圧によつて生じた残留応力は木材乾燥の場合と同様に直接測定することは困難であるため、本実験においては 2.4.2. 項に述べたとき截片を切り取り、残留応力の大きさ、種類によつて生ずる鋸断前後の截片の長さの変化すなわち歪みを厚さ方向の各層ごとに測定し、この歪みの厚さ方向の分布を熱圧条件との関係において検討した。

熱圧による歪みの分布は Fig. 22~24 に示すごとく全般に表面層がわずかに + になり、内層ほど - となる。すなわち表面層にわずかながら圧縮応力がかかり、内層に引張り応力を残していることを示す。このことは表面層が熱盤に接し、過乾燥となつて set され、熱圧の後期になり内層の水分が蒸発を始め、接着剤は硬化しつつあるため個々の小片は収縮し得ずに内層全体が収縮しようとし、表面層は相対的に圧縮され、内層は収縮しようとしても表面層が固定されているため抑えられ、引張られている形になるものと

内層比重は表層小片含水率小、内層小片含水率小なるほど低くなつている。この関係は熱圧時間による影響は少ないが、初期圧縮圧が低い場合は圧縮速度小なるため表面が荒れて表層比重がやや低下し、材質低下の原因になる。

内層小片含水率が低い場合は 3.3. 項に述べたごとく内層小片の compressibility が低いためボードの圧縮速度は大にならないが、内層小片が圧縮されにくいいため、かえつて表層小片が圧縮される形になり、この場合表層小片の含水率が高いほど、表層比重は高くなる。一方内層比重から見ると表層小片含水率

思われる。歪みの絶対値が木材乾燥の場合に比べ小さい⁹⁾¹²⁾のは上述の理由によるほか、除圧後においてもまだ内層含水率が高いためと思われる。しかし熱圧時間 10 分と 20 分ではほとんど差異が認められないが、表層小片含水率を高くし、内層小片含水率が低い場合、熱圧のある時期に内部に向かって水分移動が起こるとするならば、あるいはその時期において内層は膨張しようとして表面層に引張り応力を、内層に圧縮応力を生ずることも考えられる。

なお Fig.22 に示した歪み分布が調湿後いかに変化するかを 3 カ月間調湿の試料について調べた結果は Fig.25 のとおりである。すなわち各小片含水率間の歪み分布のひらきは少なくなっているが、全体的傾向はほとんど変化せず、いつたん生じた内部応力の除去はこの程度の調湿ではきわめて困難であることを示している。

また Fig.22 に示した熱圧直後の内外層の圧縮および引張り歪みの緩和(代数差)をもつて最大歪みとすると、熱圧条件と最大歪みの関性は Fig.29 のごとく内外層の最大歪みは表層小片含水率大(25%)、内層小片含水率小(7%)なる場合にもつとも小さくなるが、その傾向は初期圧縮圧大なるほど顕著である。すなわち内外層の比重の差が比較的大きいときに最大歪みが小になつており、3 層構成の有利性を示すものと思われる。それゆえ単層ボードの場合に内外の比重差がなければ歪みがより大きくなることが考えられるが、4.3.項に述べたごとく単層ボードにおいても、ある程度比重傾斜を生ずるため、歪み分布も Fig.29 に示すごとくほとんど 3 層型式により小片形状、小片含水率を変えた場合と差異を生じなかつた。

以上の結果最大歪み小なることがボードの狂いをなくする条件であるとするならば、初期圧縮圧 25 kg/cm² にて表層および内層小片含水率をそれぞれ 25% および 7% にする必要がある。

4.5. 実用規模のボード熱圧における含水率・比重・応力分布について

パーティクルボード熱圧における水分の動きは 4.1.~4.2. において述べたごとく表層の水分が蒸気となり、蒸気圧傾斜にしたがい内層に移動し、内層の蒸気圧が高まるにつれて中心部より周縁部への蒸気圧傾斜により、もつとも通りやすい密度の低い内層を通り端面に向かって蒸気は移動する。しかし周縁部においては外気の冷却により蒸気が凝縮し、いつたん周縁部に水分の多い層を生ずるということが考えられる。したがって熱圧のある時期には中心部に高水分層が、またある時期には周縁部に高水分層が生ずることが予想される。それゆえボード中の水分の動きはこの実験におけるような小さい面積の場合と実用規模の大きさの場合では中心部から端面までの蒸発水分の移動距離が違うため、当然状態が異なると思われる。したがって熱圧中のボード水分を検討するためにはボードの厚さ方向の水分分布と同時に実用規模におけるボードの平面的な水分の動きについて明らかにする必要がある。それゆえ本実験においては、だいたいにおいて実用規模とみなしうる 97 cm 角規模の成板実験を補足的に行ない、水分そのほかの平面的な分布を測定した(測定試料の採取位置は Fig. 7. S1~3 に示すとおりである)。試験の結果は Fig.30 に示すごとく含水率はやや中心部の方が高いが、20 分程度の熱圧時間では中心部や周縁部に多量的水分

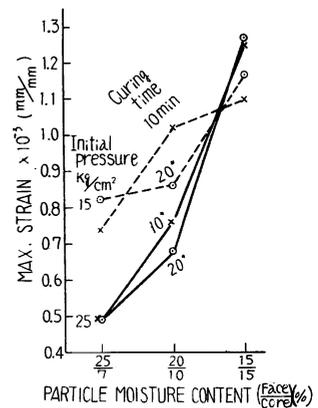


Fig.29 最大歪みにおよぼす熱圧条件の影響
The effects of various curing conditions on maximum strain

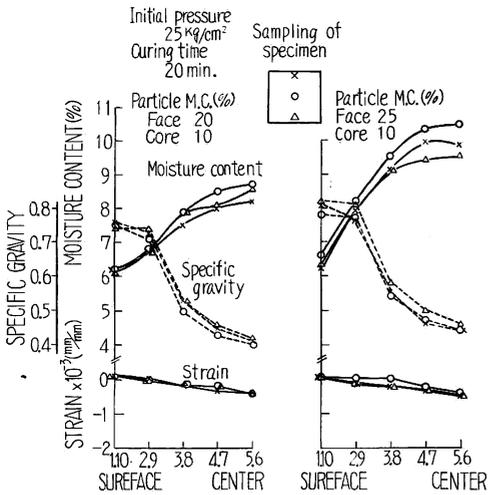


Fig. 30

97 cm 角ボードの場合の含水率・比重・歪み分布
Distribution of moisture content, specific gravity
and strain in direction to board thickness in
the case of 97 cm square board

かかわらず表層比重が低下したのは多段プレスを使用したため、プレスの閉鎖までに時間を要したためと思われる。このような差異が基礎実験との間に生ずることは工場生産の場合に注意を要する点である。

応力分布は前述の歪み量で比較すると面積のひろがりの影響は全くなく、25 cm 角の主実験の場合とその傾向はほとんど変わらないようである。

5. ボードの機械的性質におよぼす熱圧条件の影響

パーティクルボードのいわゆる3層構成は表層にごく薄い小片を、また内層にやや厚い大きな小片を用い、これを熱圧することにより高比重の表面層と低比重の内層の組合せにより sandwich construction の理論に基づき、曲げ比強度が高く、狂いの少ないボードを造ることを目的としているが、前項において述べたごとくボードの厚さ方向の比重分布が熱圧条件、特に小片水分条件によつて強く影響されるので、熱圧条件がボードの機械的性質に対しても影響を与えるものと思われる。

5.1. 曲げ強さ・曲げヤング率

Table 1. 分散分析表
Analysis of variance (I)

	曲げ比強度 Specific bending strength		比曲げヤング率 Sp. young's modulus		比剪断強さ Sp. shearing strength		表面硬度 Brinell hardness	
	Sig.	ρ (%)	Sig.	ρ (%)	Sig.	ρ (%)	Sig.	ρ (%)
A. 含水率 Moisture content	**	34.6	**	51.0	**	33.1	**	16.6
B. 初期圧縮圧 Initial pressure	**	3.9	**	14.2	**	7.9	**	19.8
C. 熱圧時間 Curing time	**	3.5	**	12.2	**			
A × C	**	58.0	**	20.6	**	59.0	*	63.6
C × B	**							
A × B	**							
A × C × B	**							
E	**							

注 Note : ** 1% 信頼度 confidence level. * 5% 信頼度 confidence level.

が残るということはない。表層小片含水率 25% の場合に厚さ方向の内層の含水率が高くなっているのは Fig. 21 (a), (b) に示した主実験の 25 cm 角の場合と大体同様な関係である。したがって 97 cm 角規模と 25 cm 角のボードの間には初めに予想されたような平面的なひろがりの影響がないことが認められたので、本実験の結果はそのまま実際の場に適用しうると考えられる。

ボードの平面的な位置による厚さ方向の比重分布は Fig. 30 に示すとおり水分状態と同様に面積のひろがりの影響は現われていない。厚さ方向の分布状態は主実験の場合の比重分布 (Fig. 23 (a), (b)) に比べて表層比重が低下し、Fig. 22 (c), (d) の初期圧縮圧が 15 kg/cm² の場合に類似している。しかしこの実験の場合初期圧縮圧は 25 kg/cm² であり、ボードの圧縮速度も大であるが、それにも

Fig. 31, 32 は熱圧条件として初期圧縮圧 25 kg/cm^2 , 15 kg/cm^2 , 熱圧時間 20 分, 10 分, 小片含水率 (表層:内層) $25\% : 7\%$, $20\% : 10\%$, $15\% : 15\%$ の場合と, 初期圧縮圧 25 kg/cm^2 , 熱圧時間 20 分, 10 分, 表層小片含水率 25% , 20% , 15% , 内層小片含水率 7% , 10% , 15% にした場合の曲げ強さおよび曲げヤング率との関係を示している。ボード比重とこれらの強度は相関々係にあるため, これらの比強度と初期圧縮圧, 熱圧時間, 組合せ含水率の関係を分散分析した結果は Table 1 のとおりである。これによると曲げ比強度に対する要因の交互作用が非常に大きく, ついで小片含水率の影響が大であることを示している。また比曲げヤング率に対しては小片含水率の影響が大であることを示し, この組合せ含水

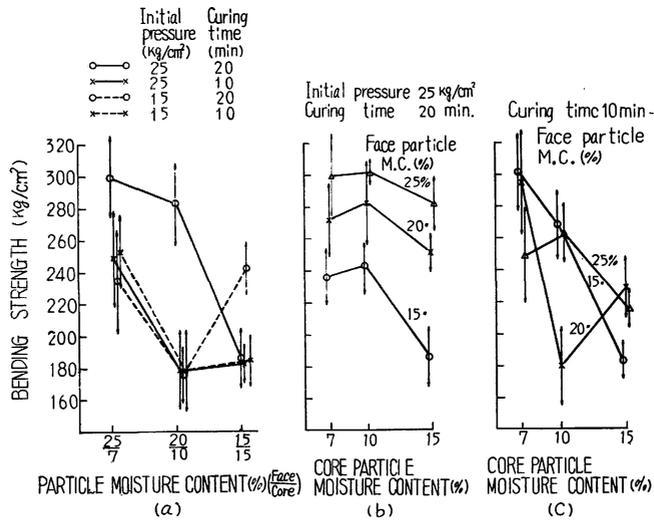


Fig. 31 曲げ強さにおよぼす熱圧条件の影響
The effects of various curing conditions on bending strength

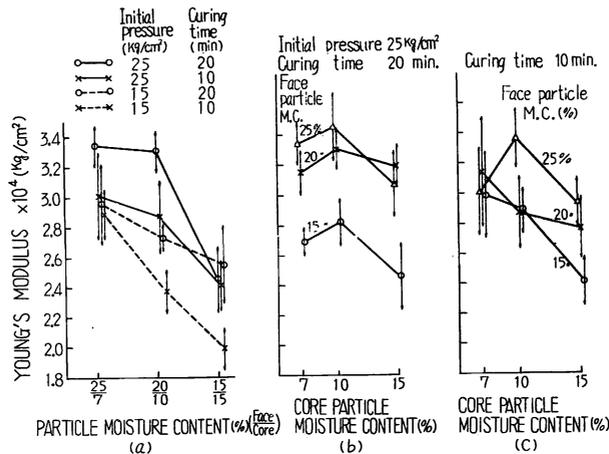


Fig. 32 曲げヤング率におよぼす熱圧条件の影響
The effects of various curing conditions on young's modulus

Table 2. 分散分析表
Analysis of variance (II)

	曲げ比強度 Specific bending strength		比曲げヤング率 Sp. young's modulus		比剪断強さ Sp. shearing strength		表面硬度 Brinell hardness	
	Sig.	P (%)	Sig.	P (%)	Sig.	P (%)	Sig.	P (%)
A. 表層小片含水率 Face particle M. C.	**	14.8	**	57.4	**	20.4	**	36.4
B. 内層小片含水率 Core particle M. C.	**	52.8	**	16.8	**	17.9		
C. 板間 Between specimen							**	63.4
A × C							*	
A × B	**	32.4		25.8	*	61.7	*	
C × B	*							
A × B × C							*	
E							*	

注 Note : ** 1% 信頼度 confidence level. * 5% 信頼度 confidence level.

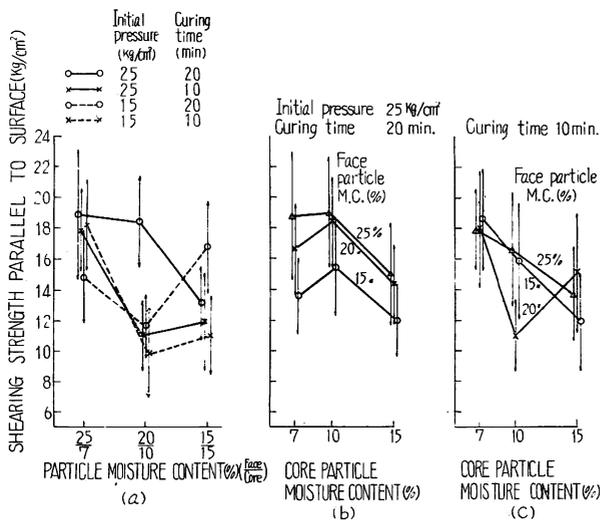


Fig.33 剪断強さにおよぼす熱圧条件の影響
The effects of various curing conditions on shearing strength parallel to surface

しかとれなかつたため多分に剪断の影響がはいつたと思われるが、したがつて Fig.33 に示す内層の剪断強さと大体において同様な傾向を示している。

表層小片含水率が高いほど曲げ強さ、曲げヤング率が大になつたのは 4.3. 項に前述したごとく表層比重が大となるためと思われる。また内層小片含水率が高い場合は Fig.28 の比重分布からわかるごとく表層比重が低いことのほかに内層比重が比較的高いのかかわらず剪断強さが低いことが曲げ強さ、曲げヤング率を低下せしめた原因であると考えられる。しかし内層小片含水率が低い場合は表層比重が高いのに曲げ強さ、曲げヤング率が低下している。このことは内層小片含水率が低くなると小片の compressibility が小となり、内層比重と接着性能の低下をきたし、Fig.33 に示すごとく内層の剪断強さが低下すること

率の範囲では Fig. 31 (a), 32 (a) に示すごとく表層 25%, 内層 7% の場合に曲げ強さ、曲げヤング率とももつとも良好であつた。この小片含水率を熱圧時間 20 分のみについてさらに表層と内層に要因を分け、各要因ごとに 3 水準をつた結果は Table 2 に示すごとく曲げ比強度に対しては内層含水率、比曲げヤング率に対しては表層含水率の影響が大きく、傾向としては曲げ強さ、ヤング率とも表層小片含水率 25%, 内層小片含水率 10% の際に最大となつた。

この実験においては曲げ試験の Span を試料の都合で厚さの 10 倍に

に原因していると思われる。STRICKLER は表層水分がある程度以上に高い場合大量の水分が急激に内層に向かつて移動せんとして表面の次の層に凝縮し、その層の接着剤を薄め、曲げ試験において表層の完全な剥離を生じ、表層比重が高いわりに強度を低下せしめていると述べており、また KOLLMANN も表層水分がきわめて高い場合表層付近に接着不良を生じ、曲げ強さを減少せしめていると述べているが、著者らの観察では後述の剪断強さも内層剪断試験であるため、上述のような現象は認められなかった。

熱圧時間が10分の場合 Fig. 31 (c), 32 (c) に示すごとく曲げに対する小片含水率の影響は熱圧時間20分の場合のように安定した傾向が得られず、条件によつてはむしろ20分の場合よりも高い値すら得られた。これは熱圧時間が短いと内層含水率がきわめて高くなり、次項に後述する原因により剪断強さが低下し、これが曲げに対しても影響を与えており、むしろある程度小片含水率が低いところに最高値が現われる傾向にある。

5.2. 剪断強さ

パーティクルボードの内層の接着力を知るために諸外国においては板面垂直方向の引張り強さ (Querzugfestigkeit) を測定している²⁾。この方法によれば小片間の接着力を正確に知ることができ、また厚さ方向の接着力のもつとも弱い層を知ることができる。一般的には中心層の温度がもつとも低いので、接着力も弱いことが考えられるが、前項において述べたごとく表層水分が高すぎる場合は表層に弱い部分を生じ、表層付近で剥離を生ずるといわれている。この場合の剥離強度を特別に Abhebefestigkeit と称して、いわゆる Querzugfestigkeit と分離して考えられている。わが国では一般にパーティクルボードの JIS 規格が使用されているが、この方法は曲げモーメントがはいるため正確な板面垂直方向の引張り強さということとはできない。本実験においては試料の関係もあり、単に内層の接着力を比較するためには素材の剪断試験法を用いても差しつかえないと考え、中心層における板面平行の剪断試験を行なつたが、JIS 規格と同様に中心層以外の部分における接着力を判断することはできないため、表層水分が多い場合に生ずる上述のごとき Abhebefestigkeit は知ることができない。

Fig. 33 は前項と同様な熱圧条件と内層剪断強さとの関係である。また比剪断強さと初期圧縮圧、熱圧時間、組合せ含水率の関係を分散分析した結果は Table 1 のとおりである。これによると圧縮圧に対しては有意差がなく、各要因の交互作用がきわめて大きく、ついで小片含水率の影響が大きいことを示している。この組合せ含水率の範囲では曲げ強さと同様に Fig. 33 (a) に示すごとく剪断強さは表層 25%、内層 7% の場合に最大である。熱圧時間 20 分のみについて表層および内層小片含水率をそれぞれ 3 水準と、各要因の影響を調べた結果は Table 2 に示すごとく実験誤差がきわめて大きく、この剪断試験のごとく剪断面積が $2 \times 2 \text{ cm}^2$ ではパーティクルボードの場合局所的なバラツキが強く現われ、剥離面積のより大きい試験法を用いる必要があることを示している。

しかし傾向としては Fig. 33 (b) に示すとおり曲げ試験同様表層小片含水率が高いほど剪断強さ大であり、内層小片含水率に対しては maximum curve を描いた。

表層小片含水率が高い場合は表層比重は高くなるが、水分の絶対量が多いため内層も圧縮され、内層比重もいくぶん高くなり、内層の剪断強さが大になると考えられるが、一方内層小片含水率が低い場合は高い場合に比較して小片の compressibility が高くなるため内層比重が低くなり、剪断強さが低下したものである。さらに内層小片含水率が高い場合は Fig. 23, 26 に示したごとく内層水分はよりいつそう高くなり、そのためこの場合も内層は圧縮されて比重が高くなる傾向にある (Fig. 28)。しかしそれにもか

かわらず剪断強さが低下したのは STRICKLER も指摘しているように内層に多量の水分が凝縮するため高い初期圧縮圧が内層小片をもいつたん圧縮し、内層をち密にするが、その後、圧は接着剤の完全な縮合前に弛緩を生じるため、逆にプレス中においてボードは springback するような形となり、同時に多量の凝縮水分のため内部蒸気圧が高まり、個々の小片間の接触圧を減少せしめ、その結果比較的高い内層比重にもかかわらず、ふたたび剪断強さを弱くしているものと思われる。したがって内層小片含水率は 10% 付近にもつとも適した点があるように思われる。

熱圧時間が 10 分の場合は Fig. 33 (c) に示すごとく曲げ試験の結果と同時に剪断強さに対する小片含水率の影響は錯雑した結果となつたが、これは熱圧時間が短いため熱圧前の含水率が高いと接着剤の硬化前にプレス中の蒸気圧が高まり、ひいては小片間の接触圧の減少をきたし、小片間の接着力に影響を与えると同時に、Fig. 24 に示したごとく熱圧後の内層含水率が非常に高いので、調湿期間中に内層水分の低下を生じ、小片の収縮ひいては小片間の接着層に何らかの悪影響を与えたものと考えられる。したがって熱圧時間が短い場合は熱圧時間が長い場合に比較して小片含水率を表層・内層ともいくぶん低めにする必要があるのではないと思われるが、一方接着剤に対しては硬化剤を使用することによつてボード内層における縮合反応を促進せしめ小片間の接着力を安定にすることも可能と考えられるので、これらの問題については熱圧時間短縮の見地からさらに今後検討する予定である。

5.3. 表面硬度

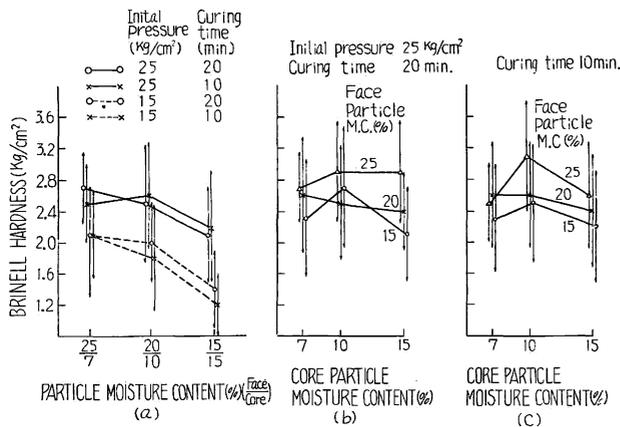


Fig. 34 表面硬度におよぼす熱圧条件の影響
The effects of various curing conditions on brinell hardness

に大きいことを示している。表層および内層小片含水率 (Table 2) については表層小片含水率のみ有意差があり、各要因の交互作用および特に実験誤差が大きい。このように実験誤差が大きいことはホームイングの誤差のほか小片がランダムに配列し、1 個の小片面においても春秋材部が不規則に存在するボード表面のきわめて小さい部分をブリネル硬度計のごとく球体の先端の曲面でわずかに圧入して測定するためである。初期圧縮圧が高い場合は熱圧初期におけるボードの圧縮速度が大であるため、表層比重が増大して当然表面硬度が大になると思われる。熱圧時間に左右されないことは表層含水率が時間に関係なく低含水率にさがっており、表層比重もほとんど時間の影響を受けないためである。小片含水率に対しては表層小片のみの影響を受け、表面硬度はあくまで表面的な問題であることを示している。

表面硬度はボードの表層比重に関係することは当然予想されるところであるが、表層比重が小片含水率に左右されるので、表面硬度も小片含水率に影響される。Fig. 34 は熱圧条件と表面硬度の関係で、この内 (a) と (b) について分散分析を行なつた結果は Table 1, 2 のとおりである。表面硬度の場合はボード比重との相関関係はなく、むしろ表層比重のみに関係するので比強度はとつてない。Table 1 によると組合せ含水率と初期圧縮圧に対して有意差はあるが、実験誤差が非常

Table 3. 97 cm 角ボードの材質
Properties of 97 cm square board

項目 Item	厚さ Board thickness (mm)	比重 Specific gravity	含水率 Moisture content (%)	曲げ強さ Bending strength (kg/cm ²)	曲げヤング率 Young's modulus × 10 ⁴ (kg/cm ²)
Specimen					
A. 表層小片含水率 Face M.C. : 20%	20.06	0.66(0.02)	10.9 (0.1)	418 (33)	4.4 (0.2)
B. 表層小片含水率 Face M.C. : 25%	19.79	0.66(0.01)	11.1 (0.1)	422 (22)	4.6 (0.2)
有意差 Significance	—	Non	1%	Non	1%

項目 Item	剥離抵抗 Tensile strength ⊥ board surface (kg/cm ²)	剪断強さ Shearing strength // board surface (kg/cm ²)	木ねじ保持力 Wood screw holding power (kg)	吸湿率 Hygroscopicity (%)	厚さ膨脹率 Thickness expansion (%)
Specimen					
A. 表層小片含水率 Face M.C. : 20%	2.2 (0.4)	15.7 (2.3)	56.1 (3.8)	2.3 (0.5)	2.3 (0.4)
B. 表層小片含水率 Face M.C. : 25%	2.4 (0.4)	16.3 (2.4)	48.3 (4.5)	1.8 (0.4)	1.8 (0.5)
有意差 Significance	1%	Non	5%	5%	1%

注 Note: () 標準偏差 Standard deviation.

5.4. 実用規模のボードにおける材質

4.5. 項において実用規模 (97 cm 角) のボード熱圧における含水率, 比重, 応力分布が主実験の実験室規模のボードの場合とほとんど差異がなかったことを述べたが, かかるボードの材質が実験室規模の場合と比較してどのように変わるかを調べてみた。熱圧条件としては表層小片含水率を 20% および 25%, 内層小片含水率は 10% 一定とし, 成板せるボードの材質試験の結果は Table 3 に示すとおりである (製造条件, 試料採取の方法は 2.2. 項および 2.4. 項参照)。内層小片含水率一定のため主実験の場合の結果と同様に表層小片含水率が 25% の方がいくぶん材質が上まわっている。しかし小片含水率が高い場合ホーミングにおいて小片相互のからみ合いが強くなるため, ホーミングむらが増大する欠点を有するので, この程度の材質の差であればむしろ表層小片含水率は 20% をとるべきではないかと考えられる。

主実験の場合のボード材質との比較は曲げ試験の場合試験片を JIS 規格にのつとつたため直接比較することはできないが, 便宜上別途試料を用い, Fig. 8のごとく両実験に使用せる形状の試験片を採取して曲げ試験の比較を行なった。その結果は Table 4 のとおりで, 20 cm Span, 2×2 cm 断面の試料は 30 cm Span, 2×5 cm 断面の試料に比べ数値がいくぶん低くなっている。これは前者の Span/試料高の比が小さいため剪断の影響を受けたものと思われる。この低下の割合をもとにして, Table 3 の曲げ強さと曲げヤング率の値を換算すると表層小片含水率 20% の場合, それぞれ 362 kg/cm², 3.0×10⁴kg/cm², 表層小片含水率 25% の場合, それぞれ 329 kg/cm², 3.1×10⁴kg/cm² となり, 曲げ強さはむしろ 97 cm 角ボ

Table 4. 曲げ強さ・ヤング率におよぼす試料形状の影響
The effect of difference of dimension in test specimen on bending properties

試験片の形状 Dimension of test specimen	比重 Specific gravity	曲げ強さ Bending strength (kg/cm ²)		曲げヤング率 Young's modulus × 10 ⁴ (kg/cm ²)	
30 cm Span. 2×5 cm	0.63(0.01)	393 (23)	%	4.2 (0.1)	%
20 cm Span. 2×2 cm	0.63(0.01)	308 (17)	78	2.9 (0.2)	68

注 Note () : 標準偏差 Standard deviation.

ードの方が強く、曲げヤング率はいくぶん低くなっている。剪断強さ (Table 3) も Fig.33 の値に比べ低下しており、プレス時の圧縮速度の違い、あるいは水分、比重、応力分布などには現われない何らかの原因 (接着剤塗付むら、ホーミングむらなど) に影響されているものと考えられる。

6. ボード構成と小片水分量に対する考察

3 層ボードにおける表層と内層の小片水分量はボード構成、すなわち表層小片と内層小片の構成比によつて変わってくる。本実験に用いた熱圧条件としてはその構成比を 1 : 1 とし、初めの実験においては特に平均含水率を約 15% としたが (2.1. 項に述べたごとく内層小片含水率 5% が 7% になつたため、その組合せのものは平均含水率 16% になつた)、ボード構成を 1 : 2、あるいは 1 : 3 にして、小片含水率をそのまま用いた場合は全体の水分量が当然変動してくる。しかし一面において熱圧における水分は絶対水分量 (換言すれば平均含水率) も熱圧経過、ボード材質に影響すると考えられるので、この絶対水分量を一定にして考慮する必要がある。

いま表層、内層構成比を $a : b$ 、表層含水率を x (%), 内層小片含水率を y (%) とすると、平均含水率 M との間には次の関係がある。

$$M(\%) = \frac{ax + by}{a + b}$$

上式を用い、内層小片含水率を一定として、構成比を変えた場合の表層小片含水率を計算すると Table 5 が得られる。

すなわち内層小片量を増加し、表層小片量を減少せしめると、内層小片含水率と平均含水率が一定であるため表層小片含水率は当然増大してくる。それゆえ上述のごとく絶対水分量が一定の場合は表層小片量を少なくした方が過度の蒸気圧によるパンク現象を生ずることなしに表層小片含水率を高くとることができる。その極端な例が KOLLMANN²⁾ が述べているごとくホーミングせる小片堆積物表面にきわめて多量の水分を吹き付けて、ボードの表面性の改善を試みている場合である。

しかしながらボード構成率が変われば当然内外の異なる形状の小片の量が変わることになり、これが熱圧時の圧縮速度に影響し、ひいてはボードの厚さ方向の比重分布に変動をもたらすと思われるので、水分量だけの問題とすることはできないが、絶対水分量に変化がない場合はほかの構成率でも Table 5 の含

Table 5. 表層・内層小片構成比と表層小片含水率の関係
Relation between weighing ratio of surface to core particles and face particle moisture content

内層小片含水率 Core particle moisture content (%)	表層小片含水率 Face particle moisture content (平均含水率 Average moisture content) %								
	7			10			15		
表層内層 小片構成比 Face and core particle ratio									
1 : 1	25 (16)	20(13.5)	15(11)	25 (17.5)	20 (15)	15(12.5)	25 (20)	20(17.5)	15 (15)
1 : 2	34 (\nearrow)	26.5(\nearrow)	19(\nearrow)	32.5 (\nearrow)	25 (\nearrow)	17.5(\nearrow)	30 (\nearrow)	30(\nearrow)	15 (\nearrow)
1 : 3	43 (\nearrow)	33(\nearrow)	23(\nearrow)	40 (\nearrow)	30 (\nearrow)	20(\nearrow)	35 (\nearrow)	35(\nearrow)	15 (\nearrow)

注 Note: 太字は平均含水率 15% のときの表層含水率

Bold type figures are face particle moisture content in the case of 15% average M. C.

水率数値によりある程度は本実験の結果を適用しうると考えられる。

7. 摘 要

この研究の目的は3層パーティクルボードの熱圧における熱圧条件特に小片含水率がボードの熱圧経過、物理的機械的性質におよぼす影響を明らかにし、ボードの適正な製造規準の確立、熱圧時間の短縮などに役立つ基礎資料をうることである。試料としてはアカマツを用い、表層小片を $0.2 \times 1 \sim 3 \times 20$ mm、内層小片を $0.5 \times 3 \sim 6 \times 40$ mm に調製し、表層・内層構成比を 1 : 1 としたが、ほかの構成比の場合についても Table 5 を用いることにより、ある程度のことは推察することが可能であると考えられる。得られた結果を総括すればつぎのとおりである。

(1) ボードの圧縮速度はこの実験のボード比重 0.65 のごとくボード比重がある程度以上高い場合、初期圧縮圧の増大につれて大になる。比重が低い場合は初期圧縮圧による圧縮速度の差はなくなると思われる。またプレスの加圧速度も圧縮速度に影響し、初期圧縮圧 25 kg/cm^2 以上においてプレスの加圧速度大なるほど圧縮速度が大となつている (Fig. 9)。内部温度上昇速度は初期圧縮圧 15 kg/cm^2 の場合に比べ 25 kg/cm^2 , 35 kg/cm^2 において早くなるが、両者ほとんど差がなく、プレスの加圧速度の影響は認められない (Fig. 12)。

以上の予備実験の結果初期圧縮圧は 25 kg/cm^2 を主体とし、加圧速度は 40 mm/s を用いることにした。

(2) 表層と内層の含水率の組合せを平均含水率が等しくなるようにした場合 (Fig. 14)、初期圧縮圧 25 kg/cm^2 において圧縮速度は組合せ含水率 (Face/Core) が 25/7% のとき小さく、表層小片含水率を低く、内層小片含水率を高くした 15/15% の場合に大になる。初期圧縮圧 15 kg/cm^2 ではこの含水率の組合せの範囲内ではほとんど差がなく、その絶対値も低い。また同じ組合せ含水率における内部温度上昇速度は含水率 (Face/Core) が 25/7% のときにもつとも早く、初期圧縮圧は高い方がいくぶん早くなつている。

(3) 表層小片含水率を 25%, 20%, 15%, 内層小片含水率を 7%, 10%, 15% とそれぞれ変えた場合、ボードの圧縮速度は表層・内層とも高くなるにつれて大になるが、内層小片の含水率の方が顕著である (Fig. 16)。これは内層小片の compressibility に影響されているものと思われる。内部温度上昇速度は表層小片含水率大、内層小片含水率小なときは早くなつている (Fig. 18)。したがって、圧縮速度と内部温度上昇速度の点からは、小片含水率を表層 25%, 内層 7% 程度にすべきである。

(4) ボード厚さは熱圧に際しディスタンスバーにより規正されるが、加熱により水分が減少するとその厚さを起点として収縮を生じ、compression shrinkage を起こす。その傾向は表層小片含水率が大き、内層小片含水率が小なるときにもつとも大きくなり、厚さが規正厚さより薄くなる (Fig. 19, 20)。しかし内層小片含水率が高い場合特に 10 分加熱においては、内層水分が蒸発し終わるまでにいたらずに spring-back を生じ、規正厚さより厚くなる。

(5) 厚さ方向の含水率分布は Fig. 22~24 のとおりであるが、表層は小片含水率の大小にかかわらず 5~6% となり、水分傾斜は内層小片含水率が低いほどゆるくなつている。しかし熱圧時間を短くすると、内外の含水率差は大きくなる (Fig. 26)。また内層水分の高い状態で成板を終わつたものは調湿により逆に水分が減少することになり、当然ボード材質に悪い影響をおよぼすと思われるので、可及的に水分傾斜のない状態で成板を終わることが望ましい。

(6) 厚さ方向の比重分布は表層小片含水率大、内層小片含水率小なるほど表層比重大となり、表層小片含水率小、内層小片含水率小なるほど内層比重小となる (Fig.28)。

(7) 熱圧によって生ずるボードの板面平行方向の応力の絶対値は比較的小さいが、これを厚さ方向の分布としてみると表層に圧縮応力が、また内層に引張り応力が生ずる。内外層の圧縮および引張り応力によって生ずる歪みの総和を最大歪みとすると (Fig.29)、これは表層小片含水率大 (25%)、内層小片含水率小 (7%) なる場合にもつとも小さくなるが、その傾向は初期圧縮圧大なるほど顕著である。すなわち内外の比重差が大きいほど、最大歪みは小となり、3層構成の有利性を示している。

(8) ボード熱圧における水分問題は成板面積の大きさによって影響を受けると考えられるが、実用規模に近い 97 cm 角の場合は主実験の 25 cm 角の場合に比べ、含水率、比重、応力の平面的な分布にはほとんど差異が認められないが、表層比重は多段プレスの閉鎖速度がおそいため低くなった (Fig.30)。

(9) 曲げ強さ、曲げヤング率におよぼす小片含水率の要因効果は比較的大きく、Fig.31 (a)、32 (a) に示す組合せ含水率の範囲では表層小片 25%、内層小片 7% の場合に良好であった。しかし熱圧時間 20 分の場合について、表層、内層 3 水準とつた結果は曲げ比強度に対して内層小片含水率、比曲げヤング率に対して表層小片含水率の影響大きく、曲げ強さ、ヤング率とも、表層小片含水率 25%、内層小片含水率 10% の際に最大となり、特に内層小片含水率に対しては maximum curve を描いた。熱圧時間 10 分の場合には内層含水率が高くなるため、剪断強さが低下し、その影響が曲げに現われており、むしろ 20 分の場合より小片含水率が低いところに最高値が現われている。

(10) 比剪断強さと初期圧縮圧、熱圧時間、組合せ含水率の関係は要因の交互作用大きく、ついで含水率の影響が大きい。その傾向は曲げの場合と同様に剪断強さは表層小片 25%、内層小片 7% の場合に最大となつたが (Fig.33)、熱圧時間 20 分の場合表層および内層小片含水率をそれぞれ 3 水準とつた結果は、剥離面積が小さい関係上実験誤差がきわめて大きく、傾向としては曲げ試験同様、表層小片含水率が高いほど剪断強さは大となり、内層小片含水率に対しては maximum curve を描いた。熱圧時間 10 分の場合には成板後の内層含水率が高いため内層の接着性を阻害する結果となり、熱圧時間を短くする場合は小片含水率を表層・内層とも、いくぶん低くすることが必要である。

(11) 表面硬度は組合せ含水率と表層比重を左右する初期圧縮圧に対して有意差はあるが、実験誤差が大きい。表層および内層小片含水率に対しては表層小片含水率のみ有意差があり (Fig.34)、表面硬度があくまで表面の性質に左右されることを示している。しかしボード表面は小片がランダムに配列されているため、わずかな表面積の球体で硬度を測定する場合は非常に実験誤差が大きくなる。

(12) 実用規模の場合のボードの機械的性質は実験室規模に比較して顕著な差はなく、曲げ強さが高く、ヤング率、剪断強さはやや低くなった (Table 4)。これはプレスの閉鎖速度がおそいため表層比重の低下、あるいは接着剤塗付むら、ホーミングむらなどに影響されたものと思われる。なお機械的にホーミングを行なつた場合は小片含水率が高いと、小片のからみ合いが強くなり、ホーミングむらが強くなる傾向が認められた。

(13) 以上の結果、パーティクルボードの熱圧における小片含水率は熱圧経過のみの観点に立てば表層小片含水率は高く、内層小片含水率は低いことが望ましいが、物理的機械的性質を考慮する場合は特に内層小片含水率があまり低すぎても材質に悪い影響をおよぼすので、この実験の範囲では表層小片含水率は 25~20%、内層小片含水率は 10% 程度をとる必要があろう。しかし熱圧時間を短縮しようとする場合は

全体の含水率をいくぶん低めにする必要があると思われるが、この点についてはさらに今後の検討にまちたい。

文 献

- 1) FAHRNI, F.: Das Verpressen von Spanplatten bei gefeuchten der feuchteren Deckspänen, Holz als Roh und Werkstoff, 14, 1, (1956) p. 8~10
- 2) KOLLMANN, F.: Über der Einfluss von Feuchtichkeitsunterschieden im Spangut von dem Verpressen auf die Eigenschaften von Holzspanplatten, Holz als Roh und Werkstoff, 15, 1, (1957) p. 35~44
- 3) LAMBERTS, K.・RUNGS, L.: Über die Anwendung der Hochfrequenzerwärmung in Verbindung mit Kontakterwärmung bei der Herstellung von Holzspanplatten, Holz als Roh und Werkstoff, 13, 11, (1955) p. 450~456
- 4) 堀岡邦典・野口美保子・斎藤 実: 材質的改良に関する研究 (第8報), 尿素樹脂接着剤の潜伏性硬化剤について, 林試研報, 113, (1959) p. 21~34
- 5) STRICKLER, M.D.: Effect of Press cycles and Moisture content on Properties of Douglas-Fir Flake-board. F. P. J., 9, 7, (1959) p.203~215
- 6) 満久崇磨・浜田良三・佐々木 光: パーティクルボードに関する研究 (第4報), 熱圧中のパーティクルボード内の温度及び水分分布, 木材研究, 21, (1959) p. 34~46
- 7) 岩下 睦・松田敏誉・石原重春: パーティクルボード熱圧における小片含水率の影響, 木材工業, 14, 8, (1959) p. 19~25
- 8) 岩下 睦・石原重春・松田敏誉: パーティクルボード熱圧における小片含水率がボード材質におよぼす影響, 第9回木材学会研究発表要旨, (1960) p. 156~157
- 9) 小倉武夫: 木材の水分移動性および乾燥中に生ずる歪みの温度による影響, 林試研報, 77, (1955) p. 35~68
- 10) JOHNSON, E. S.: Wood Particle Board Handbook, (1956)
- 11) 大沼加茂也: 木材内部温度の計算方法, 林試研報, 111, (1959) p. 133~142
- 12) 北原覚一: ホットプレス中のチップボードの応力弛緩について, 東大農学部演習林報告, 53, (1957) p. 161~177
- 13) 小倉武夫・梅原 誠: 乾燥によつて生ずる内部応力の除去に関する2, 3の考察, 第6回木材学会研究発表要旨, (1958) p. 86~88

Studies on Particle Board (III)**Studies on the pressing (1)****On the curing condition, especially moisture content of wooden particles**

Mutsumi IWASHITA, Toshiyo MATSUDA and Shigeharu ISHIHARA

(Résumé)

The press cycle in practical production of particle board is one of the factors limiting output of production. Hence, it is very important to shorten the press cycle for improving the production capacity. As to the shortening of curing time, F. FAHRNI¹⁾, F. KOLLMANN²⁾, and other researchers^{3) 4) 5)} have investigated the curing temperature, curing method and catalyze in adhesives. The present research study was conducted for the purpose of studying the basic effects of curing conditions, especially wooden particle moisture content on the pressing processes and the physical or mechanical properties of particle board. The experimental preparatory conditions of board are as follows:

Species of wooden particles is AKAMATSU (*Pinus densiflora* S. et Z.) and the dimensions of them are $0.2 \times 1 \sim 3 \times 20$ mm in surface layer, $0.5 \times 3 \sim 6 \times 40$ mm in core (Photo. 1). The binder is urea resin and resin quantities used for particles is 11% at surface layer and 7% at core in oven-dry condition. The structure of the board is three layers. Weighing ratio of surface to core particles is 1:1 in dry state. The particle moisture contents before pressing are 25, 20, 15% in surface layer and 7, 10, 15% in core. The sizes of board are mainly $25 \times 25 \times 2$ cm and supplementally $97 \times 97 \times 2$ cm. The specific gravity of board is about 0.65. The temperature of hot plates of press is 140°C , and the pressing times are 10 and 20 minutes, the initial pressures being mainly 15 and 25 kg/cm^2 . Pressure after the initial stage is applied by the step-down system (Fig. 1~4). The results obtained are summarized as follows:

(1) When the particle moisture is constant, the compressive deformation rate of board in hot press increases with the increase in initial pressure and pressing speed (or crossing speed in hot plate) (Fig. 9). The time required to a temperature of about 100°C at the inner layer in 25 and 35 kg/cm^2 of initial pressure is faster in the same rate than in 15 kg/cm^2 of initial pressure, and there is no influence on pressing speed in these pressures (Fig. 10~12).

(2) When the moisture content is high in both of surface and core particles, the rate of compressive deformation increases in 25 kg/cm^2 of initial pressure (Fig. 16). The time required to a temperature of 100°C at the inner layer becomes less, as the moisture content is high in surface particles and low in core (Fig. 18). But under the same moisture content conditions the thickness of board is much more reduced by compression shrinkage of particles than that of distance piece (Fig. 19, 20). And when the initial pressure is high and cycle time long, thickness is again much more reduced for the same reason than that of distance piece. But since large quantities of moisture in inner layer remain after pressing in the case of high moisture content in core particles, especially in a short curing cycle, these thicknesses increase by springback more than that of distance piece.

(3) The moisture content gradient in direction of board thickness decreases when moisture content is high in surface particles and low in core particles. But the moisture content

gradient increases in a short curing time (Fig.26). With the same condition of moisture content, the specific gravity of surface layer in board increases, while the specific gravity of the inner layer slightly decreases (Fig. 28).

(4) The stress parallel to surface in board, which is caused by curing in hot press, is smaller than in wood drying, but the distribution of strain in response to stress becomes “plus” in surface strain and “minus” in inner strain (Fig. 22~24), the same as in wood drying. These phenomena indicate that compression stress occurs slightly in surface layer and tension stress in inner layer. When the moisture content is high in surface particles and low in core particles, the value of strain is much smaller (Fig. 29).

(5) The moisture in pressing of particle boards should be affected by dimensions of board, but in this study the horizontal distribution of moisture content, specific gravity, and stress in large size of board ($97 \times 97 \text{ cm}^2$) are almost the same, showing practically no difference from the experimental size ($25 \times 25 \text{ cm}^2$) (Fig. 30).

(6) The moisture content of wooden particles affect such mechanical properties of particle board as bending strength, young's modulus and shearing strength parallel to surface. When the moisture content is 25% in surface particles and 10% in core particles, these properties are significantly better than in any other moisture condition. The relationship between these properties and moisture content in core particles is especially indicated by maximum curve as shown in Fig. 31~33. In the case of a short curing cycle (10 minutes), especially in high moisture content in core particles, the excessive vapor pressure in inner layer tends to reduce the contact pressure between individual particles before polymerization of adhesives, and as large quantities of moisture which remain in inner layer after pressing reduce to attain equilibrium in moisture content, individual particles tend to shrink and complicated stress occurs in inner layer. The result is poor shearing strength despite relatively high center density. And therefore, bending properties reduce in response to poor shearing strength. Consequently, the value of these properties reach a maximum in lower moisture content of particles.

(7) Hardness in board surface between the various moisture contents in surface particles and between initial pressures are significant at the 1 per cent confidence level by analysis of variance, but there are more experimental errors (Fig. 34).

(8) In short, it is very desirable to press particle board in such moisture content of particle as 25~20% in surface and 10% in core, but in the case of a short curing cycle, moisture content of particles must be lower than in a long curing cycle.